



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Faculdade de Engenharia e Ciências
Câmpus de Rosana

GUILHERME HENRIQUE MENEZES

**ESTUDO E VIABILIDADE DO USO DE LUMINÁRIAS LED COM BATERIAS E
PAINEL SOLAR PARA USO EM VIAS PÚBLICAS, ÁREAS RURAIS E DEMAIS
PONTOS COM DIFICULDADE DE ACESSO OU MITIGAÇÃO DE DANOS
AMBIENTAIS.**

Rosana – SP

2022

GUILHERME HENRIQUE MENEZES

**ESTUDO E VIABILIDADE DO USO DE LUMINÁRIAS LED COM BATERIAS E
PAINEL SOLAR PARA USO EM VIAS PÚBLICAS, ÁREAS RURAIS E DEMAIS
PONTOS COM DIFICULDADE DE ACESSO OU MITIGAÇÃO DE DANOS
AMBIENTAIS.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenadoria de Curso
de Engenharia de Energia do Campus
Experimental de Rosana, Universidade
Estadual Paulista, como parte dos
requisitos para obtenção do diploma de
Graduação em Engenharia de Energia.

Orientador(a): José Francisco Resende da
Silva

Rosana – SP

2022

M543e Menezes, Guilherme Henrique
Estudo e viabilidade do uso de luminárias LED com baterias e painel solar para uso em vias públicas, áreas rurais e demais pontos com dificuldade de acesso ou mitigação de danos ambientais / Guilherme Henrique Menezes. -- Rosana, 2022
49 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia de Energia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Engenharia e Ciências, Rosana
Orientador: José Francisco Resende da Silva

1. Luminária LED. 2. Viabilidade. 3. Meio Ambiente. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Engenharia e Ciências, Rosana. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

Faculdade de Engenharia e Ciências
Câmpus de Rosana

GUILHERME HENRIQUE MENEZES

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
“GRADUADO EM ENGENHARIA DE ENERGIA”

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
“GRADUADO EM ENGENHARIA DE ENERGIA”

BANCA EXAMINADORA:

SILVA

Prof. Dr. JOSÉ FRANCISCO RESENDE DA

Orientador/UNESP-Rosana

Prof. Dr. RENIVALDO JOSÉ DOS SANTOS

UNESP-Rosana

Prof. Dr. KLEBER ROCHA DE OLIVEIRA

UNESP-Rosana

Julho de 2022

AGRADECIMENTOS

Inicialmente gostaria de agradecer a todos da minha família, que sempre me apoiaram em todas as escolhas e decisões. Agradecer especialmente ao meu orientador Prof. Dr. José Francisco Resende da Silva, que foi fundamental para a elaboração e conclusão do presente trabalho. Agradecer a todos os funcionários da Unesp Rosana, da coordenação, pessoal da limpeza, e principalmente aos professores, que além de educadores foram em alguns momentos, amigos, pais, fazendo sentir-me muito mais que um simples aluno, mas parte de um todo. Agradecer ao município, que possibilitou todas as condições para permanecer no curso, sou muito grato a tudo que a cidade me proporcionou. E por fim, mas não menos importante, agradecer a todos os amigos que fiz durante toda a graduação, creio que a principal razão de permanecer na graduação foi sem dúvidas as amizades. Serei grato eternamente, por todos os eventos, visitas técnicas, congressos. Todos esses anos de graduação foram fundamentais para tornar-me a pessoa que sou hoje, e tenho muito orgulho. Maior conquista e maior orgulho me formar nesta instituição. Unesp até o fim.

RESUMO

O trabalho tem por objetivo abordar a viabilidade do uso de luminárias LED como forma alternativa de energia e iluminação para vias públicas, com fundamento na mitigação dos danos ambientais.

Neste estudo de caso, a metodologia que será utilizada é do tipo exploratório, através da abordagem qualitativa, pois buscará dados através de estudos já publicados sobre o tema, aplicando como meio de investigação da fundamentação bibliográfica, utilizando-se, dessa forma, fontes secundárias de informações. Este estudo será realizado por meio de dados de livros levantados, manuais e artigos científicos em português e inglês publicados nas bases de dados da SciELO, (Scientific Electronic Library Online) e GOOGLE ACADÊMICO. A busca de referências será desenvolvida buscando as publicações referentes ao período de 1999 a 2022.

Este trabalho justifica-se em razão da busca pela redução de danos ambientais e maior economia, que é uma busca crescente da sociedade, e a qualidade de vida que a iluminação proporciona. Deste modo a relevância do estudo irá possibilitar informações sobre o tema que foram associadas ao longo do texto, para os especialistas da área da como também outros profissionais, e, por fim, para a elaboração de novas pesquisas com a mesma temática e população.

PALAVRAS-CHAVE: Luminária LED. Viabilidade. Meio ambiente.

ABSTRACT

The objective of the present work is to address the feasibility of using LED luminaires as an alternative form of energy r lighting for public roads, based on the mitigation of environmental damage.

In this case study, the methodology that will be used is exploratory, through a qualitative approach, as it will seek data through studies already published on the subject, applying as a means of investigation the bibliographic foundation, using, in this way, secondary sources of information. This study will be carried out by collecting data from books, manuals and scientific articles in Portuguese and English published in the SciELO (Scientific Electronic Library Online) and GOOGLE ACADEMIC databases. The search for references will be developed looking for publications referring to the period from 1999 to 2022.

This work is justified because of the search for the reduction of environmental damage and greater economy, which is a growing search of society.

KEYWORDS: LED luminaire. Viability. Environment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Usina hidrelétrica.....	22
Figura 2- Produção de energia eólica.....	24
Figura 3- Energia solar produzida através de painel fotovoltaico.....	31
Figura 4- Composição da lâmpada incandescente.....	40
Figura 5- Composição da lâmpada fluorescente.....	41
Figura 6- Lâmpada fluorescente compacta.....	42
Figura 7- Vida útil e eficácia luminosa.....	43

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 ENERGIA RENOVÁVEL.....	11
2.2 MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA	13
2.3 TIPOS DE ENERGIA RENOVÁVEL	15
2.3.1 HIDRÁULICA	16
2.3.2 EÓLICA.....	17
2.3.3 SOLAR.....	19
2.3.3.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	21
2.3.3.1.1 SITEMA ON GRID E OFF GRID	26
2.3.3.2 IMPACTOS DO USO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	28
2.4 LÂMPADAS LED	30
2.4.1 A TECNOLOGIA LED.....	30
2.4.2 LÂMPADA INCANDESCENTE.....	32
2.4.3 LÂMPADA FLUORESCENTE	33
2.4.4 LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA.....	34
2.4.5 COMPARATIVO COM RELAÇÃO À LAMPADA LED	35
3 RESULTADOS.....	36
3.1 VIABILIDADE ECONÔMICA	36
3.2 DA REDUÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTES COM O USO DE LÂMPADAS LED.....	37
3.3 A APLICAÇÃO DA LÂMPADA LED NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA.....	38
3.4 PERSPECTIVA DA TECNOLOGIA LED PARA O FUTURO	42
4 CONCLUSÃO.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

1 INTRODUÇÃO

A energia renovável possui diversos tipos, tais como a luz solar, hidráulica e eólica, sendo abundantes e disponíveis gratuitamente no nosso planeta, contudo, devido aos desequilíbrios ambientais que encontramos hoje, é evidente o uso irracional dos recursos ambientais, além da aplicação cada vez maior de tecnologia de transformação do recurso renovável em energia, o que prejudica o meio ambiente. Em contrapartida, há a necessidade de fomento à iluminação pública com recursos mais econômicos e com menos impacto ambiental, sendo uma alternativa o uso da lâmpada LED.

A Iluminação Pública é essencial para todas as atividades humanas diversas nos locais públicos, tanto no período noturno quanto no diurno. É um recurso muito importante que permite o desenvolvimento de muitas atividades humanas, seja econômica ou recreativa, além de ter um efeito dissuasor sobre crimes e acidentes.

Os sistemas de iluminação pública mudaram drasticamente ao longo do tempo, desde simples postes com lâmpadas acesas à mão com materiais inflamáveis (óleo, parafina, parafina, etc.) até sistemas atuais que operam lâmpadas elétricas. E estes estão agora experimentando uma verdadeira revolução com a introdução completa da tecnologia LED.

A tecnologia LED é uma tecnologia que foi testada e desenvolvida para uma variedade de aplicações, incluindo sistemas de iluminação pública, e atualmente está em processo de ampla distribuição ao público devido à queda nos custos de produção. Uma das características desta tecnologia é o desenvolvimento da eficiência energética, uma vez que as luzes LED são capazes de proporcionar uma

melhor qualidade de iluminação com um menor valor energético e sem agredir o ambiente.

Dessa forma, o presente trabalho monográfico possui o seguinte tema “estudo e viabilidade do uso de luminárias led com baterias e painel solar para uso em vias públicas, áreas rurais e demais pontos com dificuldade de acesso ou mitigação de danos ambientais” e possui como questão norteadora (problema de pesquisa) o seguinte questionamento: qual a viabilidade econômico-financeira e ambiental do uso de luminárias LED como forma de aplicação à iluminação pública?

O objetivo deste trabalho é abordar a viabilidade do uso de luminárias LED como forma alternativa de energia e iluminação para vias públicas, com fundamento na mitigação dos danos ambientais.

A metodologia que será utilizada é do tipo exploratório, através da abordagem qualitativa, pois buscará dados através de estudos já publicados sobre o tema, aplicando como meio de investigação da fundamentação bibliográfica, utilizando-se, dessa forma, fontes secundárias de informações. Este estudo será realizado por meio de estudos de dados de livros, manuais e artigos científicos em português e inglês publicados nas bases de dados da SciELO, (Scientific Electronic Library Online) e GOOGLE ACADÊMICO. A busca de referências será desenvolvida buscando as publicações referentes ao período de 1999 a 2022.

Este trabalho justifica-se em razão da busca pela redução de danos ambientais e maior economia, que é uma busca crescente da sociedade. Deste modo a relevância do estudo irá possibilitar informações sobre o tema que foram associadas ao longo do texto, para os especialistas da área da como também outros profissionais, e, por fim, pra elaboração de novas pesquisas com a mesma temática e população.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ENERGIA RENOVÁVEL

No que refere à energia renovável, tem-se como importante marco histórico a Declaração de Estocolmo sobre o meio ambiente, de 1972, onde restou expressa a ideia de que os recursos da terra devem ser utilizados de forma consciente, afim de evitar possíveis esgotamentos futuros, sendo o homem obrigado a proteger o meio ambiente para as demais gerações.

A energia renovável é considerada uma energia verde, um modelo contínuo de geração de energia. Tem potencial para atender a carência global de energia por meio de baixo impacto ambiental, reduzindo a poluição do ar, o desmatamento, a poluição do solo e da água. Além disso, esse modelo permite a fragmentação do sistema energético, com implementação flexível que atende às necessidades de diferentes setores da sociedade.

Assim, as energias renováveis são aquelas provenientes da natureza e que se renovam naturalmente, além de causarem baixo impacto ambiental, como é o caso da solar e a eólica; são energia disponíveis e renovadas naturalmente e que contribuem para a matriz elétrica brasileira pois, aplicadas às tecnologias necessárias, há a transformação dessa energia limpa e natural para uma energia de consumo efetivo para a sociedade, com adiante será evidenciado.

Segundo as novas regras, que começaram a valer em 1º de março de 2016, é permitido o uso de qualquer fonte renovável, além da cogeração qualificada, denominando-se microgeração distribuída a central geradora com potência instalada até 75 quilowatts (KW) e minigeração distribuída aquela com potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 MW, conectadas na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras (SILVA e SOUZA, 2018).

Quando a quantidade de energia produzida em determinado mês for superior à consumida naquele período, o consumidor fica com créditos que podem ser utilizados para deduzir a fatura dos meses subsequentes. De acordo com as novas regras, o prazo de validade dos créditos de 36 meses foram para 60, sendo que eles podem também ser usados para deduzir o consumo de unidades consumidoras do mesmo titular situadas em outro local, desde que na área de atendimento de uma mesma distribuidora (IRENA 2020)

Os créditos utilizados com essa modalidade foi denominado “autoconsumo remoto”. Outra inovação da norma diz respeito à possibilidade de instalação de geração distribuída em condomínios (empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras). Nessa configuração, a energia gerada pode ser repartida entre os condôminos em porcentagens definidas pelos próprios consumidores (SILVA e SOUZA, 2018).

A energia solar tem sido a fonte de um enorme aumento de energia instalada todos os anos na Terra (IRENA 2020). Esta explicação, face à descida dos preços verificada nos últimos anos, deve-se a constrangimentos tecnológicos, tendo em conta projetos com mais de 30 anos de funcionamento, elevada solidez tecnológica e emissões não esgotadas durante o funcionamento dos parques. (REIS, 2015).

Essa tendência global também se aplica ao Brasil devido à sua localização geográfica, o país recebe maiores níveis de radiação solar e similaridade no ambiente nacional, o que permite o desenvolvimento de projetos solares ativos em diferentes regiões:

E não apenas solares, como projetos que utilizem da energia renovável e disponível em abundancia, reduzindo impactos ambientais e gerando energia, como será evidenciado no tópico a seguir sobre a matriz energética brasileira.

2.2 MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA

O Brasil constitui uma matriz energética bastante renovável devido às hidrelétricas, apesar do crescente uso de termelétricas movidas a combustíveis fósseis. No Brasil, tem-se que o setor de energia responde por 30% das emissões de CO₂, perdendo apenas para mudanças no uso da terra e agricultura, que contribuem significativamente para o aquecimento global, por um pequeno percentual.

A geopolítica das energias renováveis tem recebido relativamente poucos estudos, de modo que uma transição para as energias renováveis tem recebido muito menos atenção do que as consequências geopolíticas (VILLALVA; GAZOLI, 2016). E uma razão para a falta de pesquisas sobre esse tema pode ser que a política mundial de energia renovável é muito diferente daquela de petróleo e gás, dificultando a utilização de estruturas e conceitos comuns. (FALCÃO, 2013).

Além disso, tem-se que a matriz energética brasileira é límpida e a emissão de CO₂, como visto, deriva essencialmente dos ilícitos na Amazônia e do setor pecuário, não possuindo relação com a produção energética. (FALCÃO, 2013).

Ainda, outro aspecto é de que a energia renovável na economia global não era grande o suficiente para levar todos, exceto alguns observadores, a considerar seus impactos geopolíticos. Grande parte do trabalho educacional e político sobre energia renovável até agora se concentrou no caminho para alcançar um futuro de baixo carbono, não nas implicações de uma transformação política global bem-sucedida ou poder estatal. Os formuladores de políticas, líderes corporativos e acadêmicos podem se beneficiar de uma melhor compreensão de como o rápido crescimento das energias renováveis pode afetar o estado do mundo. (GOLDEMBERG; PALETTA, 2012).

O aumento do consumo de eletricidade, juntamente com a redução dos combustíveis fósseis, agrava ainda mais a necessidade de separar as fontes de energia limpa. Nesse sentido, o crescente debate sobre a conservação dos recursos naturais, o desenvolvimento de leis ambientais mais rígidas e o estabelecimento de tratados internacionais, como o Protocolo de Kyoto, contribuíram para o crescimento dos protestos industriais sustentáveis.

Dessa forma, o uso de fontes renováveis e a diversificação do uso do tipo de energia passaram a ser matéria de debates, onde se observa que a matriz brasileira atualmente é bem diversificada e composta primordialmente por fontes renováveis, como a seguir será indicado.

Ocorre que, em que pese a maioria das fontes renováveis de energia sejam consideradas limpas, tem-se que algumas delas podem causar problemas ao meio ambiente, como por exemplo a energia eólica cuja implantação dos aerogeradores provocam mudanças nas paisagens dos locais em que são instalados, além de influenciarem o fluxo migratório de aves da região; entre outras questões ambientais.

Assim, em que pese a matriz energética brasileira seja composta de infinitos recursos naturais, o seu manejo industrial para a produção de uma energia elétrica consumível e posta no mercado causa impactos e custos, sendo necessário se analisar outras fontes de energia para fins de iluminação pública – problema do presente trabalho – que seja eficiente energeticamente, de baixo custo e com menos impacto ambiental.

Entretanto, impede compreender, inicialmente e detalhadamente, cada tipo de energia renovável.

2.3 TIPOS DE ENERGIA RENOVÁVEL

Cumpre, inicialmente, realizar um breve resumo das energias renováveis mais utilizadas hoje em dia.

A luz solar, dentre as outras fontes de energia, é a mais abundante e disponível gratuitamente em nosso mundo e, embora pareça ser uma fonte de energia renovável, a quantidade de energia solar que podemos usar varia de acordo com a hora do dia e da estação, além do próprio local de incidência (FALCÃO, 2013).

Lado outro, a energia eólica, que é aquela produzida pelo vento, é uma importante fonte de energia limpa e utiliza eletricidade a partir da energia eólica que é produzida por parques eólicos, que funcionam em turbinas usadas para acionar geradores e abastecer a rede nacional. (GOLDEMBERG; PALETTA, 2012).

A energia hidráulica, por sua vez, é uma energia que vem do aproveitamento das águas dos rios e sua geração de energia decorre da criação de usinas hidrelétricas, onde as águas movem turbinas que converte a energia da água em energia elétrica. É uma das mais desenvolvidas comercialmente. (SANTOS, 2017).

A energia produzida pela biomassa também é uma energia renovável, uma vez que é produzida pela matéria vegetal e orgânica existente, sendo também possível a sua utilização para produção de energia.

Ao usar energia geotérmica natural, a energia geotérmica pode ser usada para aquecer residências diretamente ou para gerar eletricidade. (LANGE, 2012).

À proporção que a população mundial cresce, cresce também o consumo de energia para fortalecer nossas casas, negócios e comunidades. A renomeação e expansão de fontes de energia renovável é essencial para manter a energia

sustentável e proteger nosso planeta das mudanças climáticas. (PEREIRA et al., 2016), sendo cada energia mais bem explicada a seguir.

2.3.1 HIDRÁULICA

Como recurso de energia renovável, a energia hidrelétrica é uma das mais desenvolvidas comercialmente. Quando uma barragem ou barreira é construída, um grande tanque pode ser usado para criar um fluxo controlado de água que acionará a turbina, que gera eletricidade. Esta fonte de energia é geralmente mais confiável do que a energia solar ou eólica e permite que a eletricidade seja armazenada para uso quando a necessidade for alta. (SANTOS, 2017).

A eletricidade é obtida através da gravidade de água corrente e cachoeiras e quando utilizada para produzir energia é chamada de energia hidrelétrica.

Figura 1. Usina hidrelétrica



Fonte: ARTEAGA, 2010.

É uma fonte variável de energia, uma vez que decorre do quanto chove nas cabeceiras dos rios. Dessa forma, uma alternativa para o “estoque” da água é a criação de usinadas de acumulação; eles funcionam armazenando água durante a estação chuvosa para uso em períodos de estação de seca. A água armazenada além de produzir energia, também pode proporcionar o abastecimento em cidades, irrigar lavouras, circular, entre outros usos.

Em que pese a água seja um recurso natural, a instalação de barragens prejudica o meio ambiente. Isso porque a construção da barragem é prejudicial para os peixes que percorrem o rio em busca de criadouros, de modo que para amenizar esse problema, podem ser construídas escadas e elevadores para peixes, ou seja passagens artificiais.

Ainda, a superlotação pode causar deslocamento de pessoas e atrair outras pessoas que venham trabalhar na construção da instalação. A importância dessas histórias dependerá do tamanho da barragem e das características do rio e da região em que está localizada. Portanto, antes da implantação de grandes projetos, são realizados estudos de Impacto Ambiental que preveem os impactos e quais ações são necessárias para reduzi-los.

Como exemplo de uma usina hidrelétrica, tem-se a Usina de Itaipu, localizada em Foz do Iguaçu/PR, que é a maior usina brasileira responsável por grande parte da energia elétrica utilizada na região sudeste do Brasil.

2.3.2 EÓLICA

A energia eólica é derivada do vento, e para converter a energia eólica em energia elétrica, as turbinas eólicas, que possuem grandes hélices que percorrem a atmosfera da região. Essas hélices geralmente são do tamanho de uma asa de avião e são montadas em torres de até 150 metros de altura. O parque eólico utiliza uma fonte de energia renovável e não polui a atmosfera durante sua operação. (SILVA, 2017).

A introdução desse tipo de energia no Brasil foi impulsionada inicialmente pelo Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa) em 2002. O plano prevê eletricidade a partir de três tipos de fontes renováveis de energia: pequenas centrais hidrelétricas, biomassa e eólica, por meio de tarifas de incentivo (sistema feed-in). O programa passou por algumas dificuldades, resultando em um número de contratos abaixo do esperado, mas o que ele faz é dar um novo impulso à energia eólica no Brasil (LANGE, 2012).

Em 2004, consolidou-se a expansão da energia eólica no Brasil mediante a implementação do programa de leilões como principal contrato para a expansão dos parques produtivos. No final de 2016, a energia eólica atingiu 10,7 GW, representando 7% da produção de energia do Brasil e em 2016, o Brasil ficou em nono lugar em termos de aerogeradores e se tornou o quinto país a adicionar mais volume de ar naquele ano. (SILVA, 2017).

Os parques eólicos primeiro conseguem um contrato com determinados leilões para outras fontes de energia - Leilão de Energia Alternativa (LFA) e Leilão de Energia (LER). (NASCIMENTO, 2015).

No leilão A-5 de 2012, a energia eólica é vendida pelo preço mais recente de R\$ 120,00/MWh. Mais tarde, os contratos de preços aéreos subiram, indicando uma recessão no Brasil. O número de contratos diminuiu nos últimos anos, não há novos contratos de parques eólicos em 2016 e a taxa de inflação esperada deverá diminuir no futuro. (REBOITA et al., 2012).

As características dos ventos brasileiros contribuíram para o sucesso de sua difusão. Em primeiro lugar, especialmente no Nordeste, o vento proporciona força e estabilidade favoráveis à geração de energia. A taxa média de utilização dos parques eólicos no Brasil é de 38%, bem acima da média mundial de 24%. Em segundo lugar, a fonte de energia primária (hidrelétrica) é complementar à energia eólica (PROENÇA, 2017).

Com base na energia mensal que chega ao reservatório (ENA) e na utilização mensal dos parques eólicos brasileiros. Percebe-se claramente que os tempos de grande exposição hidrológica estão associados a períodos de ar adverso e vice-versa. Ou seja, vento e chuva estão intimamente ligados, o que ajuda a garantir a disponibilidade de recursos. Finalmente, a disponibilidade de barragens

hidrelétricas reduz o custo de integração de parques eólicos ao sistema. O armazenamento de água nas barragens do Brasil pode tornar o ar mais normal às vezes, muito mais barato do que um sistema de aquecimento central, que exige o cuidado de plantas sobressalentes. (FALCÃO, 2013).

Figura 2. Produção de energia eólica



Fonte: GUITARRARA, Paloma

Com relação ao impacto ambiental, tem-se que as produções de energia eólica, mediante a criação dos parques eólicos, podem comprometer as espécies lá existentes, de modo que se deve atentar para não maleficiar os ambientes naturais com a implantação do parque; além de possíveis choques de aves nas hélices e mudar a orientação do vento.

2.3.3 SOLAR

A produção de eletricidade através da luz solar não é uma tecnologia exatamente recente. Em 1839 o físico francês chamado Edmond Becquerel observou que, colocando duas placas de cobre em um eletrólito líquido e expondo-as ao sol, a eletricidade poderia ser gerada. Esta condição foi chamada de fotovoltaica (MACHADO E MIRANDA, 2015)

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a maioria das fontes de energia, como hídrica, biomassa, eólica, combustíveis naturais e energia marinha, são formas indiretas de energia solar. Existem várias maneiras de usar os raios do sol, seja como fonte de energia térmica ou como forma de eletricidade. (ANEEL, 2015).

Ainda segundo a ANEEL (2015), a luz natural e o calor do espaço através da radiação solar são uma forma de radiação solar chamada de calor solar passivo. Utilizando técnicas arquitetônicas e construtivas, é possível reduzir a necessidade de iluminação artificial e temperatura ambiente, utilizando a radiação solar como fonte de energia térmica.

A utilização da radiação solar como procedência de calor líquido deve ser feita por coletores ou concentradores solares. O primeiro é amplamente utilizado em edifícios comerciais para aquecimento de água. A segunda permite maior temperatura, que é utilizada para serviços como secagem de grãos e produção de vapor. Neste último caso, é possível, por meio de uma turbina a vapor, gerar eletricidade e, posteriormente, gerar eletricidade com um gerador, esse processo de geração de eletricidade é chamado de hipotermia, também chamada de termo solar ou energia solar fixa (CSP) (ANEEL, 2015).

Historicamente, o uso da luminosidade e do calor do Sol é fonte de energia, mas na antiguidade, um exemplo refere-se ao cientista grego Arquimedes, em 212 aC, quando usou um espelho para refletir a luz do sol contra seus adversários. (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2014). Usando um sistema solar fotovoltaico, o inventor Abel Pifre também construiu caldeiras que alimentavam uma impressora. Mas não foi até o início do século 20 que o sistema solar começou a operar em grande escala. (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2014).

Foi o físico Alexandre Edmond Buquerel (1839) que descobriu pela primeira vez o efeito fotovoltaico no laboratório de seu pai quando realizava experimentos com eletrodos. Somente em 1883, o pesquisador Charles Fritts construiu a primeira célula fotovoltaica em estado sólido revestida com selênio e ouro para formar sua junção.

Em suma, a energia solar é uma fonte de energia não combustível que pode ser utilizada na forma de calor ou luz. Para obter calor, os raios do sol atingem os painéis de isolamento térmico, aquecendo a água no interior. Assim, a eletricidade pode ser gerada diretamente a partir da luz, como a seguir será evidenciado, ou através do calor (em uma usina heliotérmica).

2.3.3.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A energia solar fotovoltaica é estabelecida como a energia gerada pela conversão direcionando os raios do sol em eletricidade. Isso é feito com uma máquina conhecida como uma célula fotovoltaica operando usando um sistema de efeito fotoelétrico ou fotovoltaico (ALVES, 2011).

O efeito fotovoltaico é ocasionado usando luz solar, o que causa uma diferença de potencial (ddp) na estrutura do material semicondutor. Completando essas informações, afirmam que “A célula a energia fotovoltaica não economiza energia. Ele simplesmente mantém o fluxo de elétrons no circuito elétrica enquanto a luz brilhar sobre ela. Esta condição é chamada de “Efeito Fotovoltaico” (ALVES, 2011).

Uma célula fotovoltaica simples contém fundamentalmente um diodo de grande área, ou seja, substrato para um material semicondutor no qual um campo elétrico interno permanente (chamado de junção pn) é construído. Quando a radiação alcança um átomo semicondutor, ele emite um elétron potencial com o campo elétrico interno dos contatos, tendo assim um efeito de corrente produzido pela célula fotovoltaica. (ALVES, 2011).

As células fotovoltaicas são constituídas por silício cristalino, material preferido pelos fabricantes. As razões para esta escolha são associadas às

características únicas deste objeto, nomeadamente a sua abundância no mundo (aprox. 30%, entre os elementos que compõem o globo), sua toxicidade, o fato de matéria-prima na indústria eletrônica (daí o tópico inusitado detalhado nas últimas décadas) e o número de benefícios técnicos (em particular, a lacuna certa radiação solar, baixo coeficiente de separação de metais, facilmente dopável, óxido apassivante.) (ALVES, 2011).

A geração fotovoltaica detém um funcionamento singular através de uma radiação eletromagnética advinda do Sol, sendo que tal fonte apresenta uma durabilidade incalculável, porém amplamente superior do ponto de vista das principais energias existentes atualmente.

A partir das radiações eletromagnéticas do Sol, permite-se uma série de obtenções, tais como a termoconversão e a fotoconversão. Em uma simples comparação. Ao comparar ambos os processos, fica evidente que a termoconversão remete-se às energias convertidas em calor, seguida da conversão em energia elétrica. A fotoconversão, no que lhe diz respeito, utiliza-se de uma transformação direta em energia elétrica, como é o caso dos sistemas fotovoltaicos (SILVA *et al.*, 2019).

Assim, a radiação solar que é refletida sobre a terra é diferente para cada região do globo, logo o movimento de rotação da terra e o de translação estão interligados ao nível de radiação solar obtida durante cada época do ano, junto a demais fatores, bem como a atmosfera terrestre a intensidade variável dos raios solares em situações específicas (ALVES, 2019).

Na perspectiva de Alves (2019), torna-se relevante dar destaque para as aplicações oriundas desta condição em congruência com os raios solares, que são “a geração direta (energia solar fotovoltaica) e indireta (energia heliotérmica, conversão de irradiação solar em calor para geração de energia elétrica) de eletricidade, além da energia solar térmica (geração de calor para aquecer fluidos, bem como secagem e aquecimento industrial)” (ALVES, 2019, p. 22).

As alterações geradas pela revolução industrial foram cruciais para que houvesse um crescimento amplo quanto a urbanização em todo mundo, inclusive no

Brasil, de modo que desde então a busca por energia elétrica tornou-se ainda superior (MONTEIRO; SILVEIRA, 2018).

Em contrapartida, a globalização e a contemporaneidade já demonstram que a utilização de combustíveis de origens fósseis e processos energéticos convencionais dependem de mudanças urgentes, tanto por questões sociais quanto econômicas e, principalmente, ambientais (MONTEIRO; SILVEIRA, 2018).

Para além das demandas energéticas de carácter sustentável, as adversidades também alcançam os campos procedentes das dificuldades quanto ao fornecimento e a distribuição adequada, sejam pelas autossuficiências de cada sistema ou ainda por conta do atual cenário econômico nacional que dificulta o acesso a processos com valores elevados ao primeiro momento (MONTEIRO; SILVEIRA, 2018). Quanto ao efeito fotovoltaico, é válido frisar:

Neste sentido, a junção P-N precisa ser compreendida pela necessidade deste sistema referente ao efeito fotovoltaico. A propósito, o tal efeito deriva-se da célula fotovoltaica, que também é chamada de célula solar, onde um elemento semicondutor produz a corrente elétrica sempre quando há uma exposição em um meio de luminosidade (SILVA *et al.*, 2019).

Sobre o processo fotovoltaico e as resultâncias da junção P-N, torna-se necessário descrever:

[...] um semicondutor a zero Kelvin possui uma banda preenchida por elétrons, chamada de banda de valência e uma segunda banda de nível mais alto que está despovoada, chamada de banda de condução. Entre essas duas bandas existe uma banda, que os elétrons não podem ocupar, chamada de banda proibida (gap). Para que o elétron passe da banda de valência para a de condução, uma quantidade mínima de energia é necessária, sendo uma constante característica para cada material. Desse deslocamento, dois tipos de portadores de carga são formados: o elétron agora localizado na banda de condução e uma lacuna (positiva), onde o elétron se localizava na banda de valência. Uma propriedade fundamental para as células fotovoltaicas é a possibilidade de fótons, na faixa do

visível, com energia suficiente, excitarem os elétrons à banda de condução. Esse efeito, que pode ser observado em semicondutores puros, também chamados de intrínsecos, não garante por si só o funcionamento de células fotovoltaicas (SILVA *et al.*, 2019, p. 30 a 31).

Deste processo, origina-se o campo elétrico pela junção P-N em um equilíbrio elétrico para a formação de uma tensão ampla de difusão, de modo que possa ocorrer uma corrente elétrica apropriada (SILVA *et al.*, 2019).

A performance dos sistemas fotovoltaicos, por consequência, depende das características do processo via junção P-N e o período de transformação da radiação advinda dos raios solares em eletricidade, onde a curva exponencial é determinante para tal êxito. A tensão que é sobreposta ao processo por meio da fotocorrente prevalece como fonte determinante para as proporções de temperatura, radiação e luminosidade (SILVA *et al.*, 2019).

Para Silva (2019), tais condições demonstram que a “potência fornecida pela célula depende da radiação e da temperatura, necessitando de condições padrões, para que diferentes células possam ser comparadas entre si, sendo elas: coeficiente de “massa de ar” (AM) de 1,5; radiação de 1000 W/m² e temperatura na célula de 300 K” (SILVA *et al.*, 2019, p. 32 a 33).

Em estudos sobre os sistemas fotovoltaicos, foi verificado que há muitas formas de averiguação quanto ao comportamento e a satisfatoriedade dos processos padrões de sistemas fotovoltaicos e as respectivas variações. Dentre os exemplos primordiais, pode-se citar: o fator de capacidade, a indicação de desempenho, a performance Ratio, o fator *Yield* e outros (BICALHO, 2018).

Tal combinação garante uma melhor análise acerca do sistema fotovoltaico em si e suas derivações junto as diferentes possibilidades de aplicação pelo auxílio de tecnologias modernas e principalmente quanto as regiões onde o processo será executado (BICALHO, 2018).

Em primeiro lugar, o fator *Yield* é indicado para medida os índices de rendimento e eficácia de uma instalação energética, como é o caso dos sistemas

fotovoltaicos. A partir desta fórmula, permite-se calcular o tempo necessário em horas para que o sistema em questão possa manter-se em limite de potência no âmbito em questão com as seguintes razões: potência de instalação em kW e energia obtida em kW/h (BICALHO, 2018).

Historicamente, os conjuntos fotovoltaicos já são considerados como diferenciais desde seus primórdios e durante todo o processo de aprimoramento das estratégias de obtenção de energia:

É a partir desta tecnologia que oportuniza-se as melhores condições para o desenvolvimento de um ambiente onde a fonte primária de energia é abundante e renovável. Ainda sobre os sistemas fotovoltaicos, valida-se que tal tecnologia de obtenção energética silenciosa, limpa e benéfica do ponto de vista ambiental (ALVES, 2019).

Alves (2019), define o Sol através de sua capacidade para converter “657 milhões de toneladas de hidrogênio em 653 milhões de toneladas de hélio e os outros 4 milhões de toneladas se transformam em energia e se descarregam no espaço na forma de radiação solar. Porém, a energia eletromagnética que a Terra recebe é de apenas dois bilionésimos” (ALVES, 2019, p. 24).

A proficuidade da luz solar mais atrativa na contemporaneidade refere-se ao processo fotovoltaico, ainda mais pela capacidade de gerar um bom rendimento da energia elétrica. O procedimento de transmutação dos raios em energia é realizado a partir de células fotovoltaicas capazes de promover a circulação da corrente elétrica por todo o material, culminando na energia elétrica pelos diferentes potenciais entre os dois eletrodos que são indispensáveis para o êxito deste processo (ALVES, 2019).

Figura 3. Energia solar produzida através de painel fotovoltaico



Fonte: SOUSA, Rafaela.

Portanto, em painéis solares fotovoltaicos, a luz solar (luz) interatua com um material semicondutor (geralmente silício), que gera eletricidade diretamente. Os sistemas fotovoltaicos não geram energia elétrica à noite, sendo a região nordeste a região com maior incidência de radiação solar, devido à sua localização geográfica.

2.3.3.1.1 SISTEMA ON GRID E OFF GRID

O sistema fotovoltaico, como exposto no tópico supra, pode se desenvolver de duas formas: conectado à rede (sistema on grid) ou conectado à bateria (off grid).

Nas palavras de BORTOLOTO, et al. (2017) o sistema fotovoltaico conectado (também é conhecido como on grid) é um “sistema que dispensam o uso de baterias, pois toda potência gerada pelo sistema fotovoltaico é consumida pelas cargas ou são injetadas diretamente na rede elétrica”. O sistema é composto por um painel com módulos fotovoltaicos que tem como objetivo converter a energia solar em elétrica, bem como possui inversores, que realizam a conversão da corrente

contínua em corrente alternada, com frequência e tensão correspondentes aos valores da rede elétrica.

Assim, o sistema on-grid, nada mais é do que um conjunto de dispositivos que podem converter a energia e “lançá-la” na rede elétrica. Em síntese, O sistema on grid envia energia para a rede quando a geração é maior que o consumo, e retira dela quando o consumo é maior que a geração. Portanto, a rede atua como um grande banco de baterias, às vezes economizando a energia restante, às vezes proporcionando momentos de grande necessidade. Para isso, o usuário paga apenas concessionária o que utiliza a mais do que é gerado e, caso produza mais do que consome, recebe créditos de acordo com o normativo da ANEEL (BORTOLO, et al, 2017)

Por sua vez, o sistema *off grid* é o sistema que depende apenas da radiação solar para gerar energia elétrica através dos painéis fotovoltaicos. “Esse tipo de sistema, geralmente, possui um sistema de armazenamento de energia constituído por um banco de baterias e necessita, dependendo da aplicação, de controladores de carga e inversores CC/CA.” (BORTOLO, et al, 2017, p. 3)

O sistema off grid tem seu funcionamento igual ao sistema on grid, sendo aproveitado em atividades do dia a dia como iluminação, eletrificação de cercas e muito mais. A energia solar, por ser armazenada em baterias, pode ser utilizada em dias chuvosos, nublados e durante a noite.

O sistema off grid é caracterizado por não se conectar à rede elétrica. Assim, ele abastece diretamente os aparelhos que utilizarão a energia, e são, geralmente, construídos com um propósito local e específico, se tornando uma opção para locais remotos, visto que é a maneira mais econômica e simples de gerar energia elétrica por conta de dificuldades na região, sem a necessidade de linha e cabeamento para as redes.

Dessa forma, enquanto o sistema on-grid depende da rede de distribuição, que fornece créditos pela energia excedente, o off-grid utiliza-se de baterias para manter o uso de equipamentos elétricos mesmo em períodos de menor produção.

2.3.3.2 IMPACTOS DO USO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Em termos de impactos ambientais, a produção de energia solar fotovoltaica é uma fonte de energia limpa e renovável que não produz som e não utiliza recursos naturais infinitos.

Conforme indica Goldg e Palleta (2012), com o uso de usinas solares fotovoltaicas, podem ocorrer impactos durante a instalação, como mudanças em um ambiente potencial à medida que o desmatamento é realizado para plantar uma usina. São necessários controles rigorosos de monitoramento, nesta fase do desmatamento, que pode causar instabilidade na superfície do solo e nos vasos de abastecimento de água da obra, o que pode impedir o fluxo natural de água e causar processos erosivos.

Goldemberg, Palleta (2012) ressalta que nos canteiros de obras há geração de resíduos sólidos provenientes de atividades humanas, armazenagem e manuseio de produtos químicos, e que há um risco de potencial contaminação do solo por vazamento ou acondicionamento inadequado desses materiais como materiais de limpeza.

Poeiras ou gases que podem ser gerados durante a instalação da indústria ocorrendo alterações na qualidade do ar e de estrada por caminhões pesados que fazem o transporte

No processo de produção, existem duas desvantagens: consumo de energia durante o processo de fabricação do módulo e descarte de resíduos. E, no sistema de produção, estamos ganhando um forte controle sobre as emissões porque as indústrias fotovoltaicas têm um grande interesse em manter sua imagem como uma indústria limpa e ecologicamente correta.

Afirma Goldemberg, Palleta (2012) que na Europa a emissão de CO₂ para uma unidade de geração fotovoltaica está entre 50 e 60 g/k Wh, o que é menor do que as emissões das plantas térmicas que utilizam combustíveis fósseis.

Existem mudanças causadas tanto por ações humanas quanto por ações naturais que podem ocorrer quando há violação da igualdade. Entre o homem e a natureza, no entanto, a construção da indústria solar fotovoltaica pode ter um grande

impacto, transformando os ciclos de desenvolvimento, na fase de construção durante os negócios.

O desmatamento para sistemas solares fotovoltaicos é necessário porque as árvores podem formar platôs, dificultando a captação da radiação solar. Assim, pode-se notar que a remoção da vegetação, que pode ter um impacto significativo na instalação de uma usina solar fotovoltaica, resulta em sua construção na conversão do ambiente natural, vento e chuva para terreno aberto, ocorre alagamentos e erosões. de espécies e espécies pode causar escassez de alimentos e desigualdade nas cadeias alimentares locais (GOLDEMBERG, PALLETA, 2012, p. 33).

Segundo Cabral (2012) as preocupações ambientais devem ser sempre acompanhadas de uma procura por outras fontes de energia limpas e renováveis antes de qualquer decisão de instalação ou autorização de usinas ou mesmo em áreas urbanas, uma avaliação comparativa de seu potencial econômico e ambiental deve ser realizada para avaliar o risco.

Todo esse apanhado sobre as formas de energias renováveis se deu em razão da necessidade de se evidenciar que o manejo e comercialização desse tipo de fonte não é fácil, de modo que necessidades básicas da sociedade, como a iluminação pública são realizadas, hoje em dia, através do uso de lâmpadas – e não energia solar – que aumentam o custo, além de serem extremamente agressivas ao meio ambiente, como por exemplo as lâmpadas fluorescentes.

Nesse aspecto, urge compreender formas alternativas de fonte de energia mais limpas e menos poluentes, além de mais eficientes e baratas, para fins de atendimento às necessidades da sociedade: como a iluminação pública, como é o caso da iluminação através de lâmpadas LED.

2.4 LÂMPADAS LED

2.4.1 A TECNOLOGIA LED

Devido aos desequilíbrios ambientais que encontramos hoje, o consumo racional dos recursos está aumentando diariamente. Portanto, novos substitutos de energia podem dar uma grande contribuição para um melhor uso da energia. Ao contrário das lâmpadas fluorescentes, as lâmpadas LED não possuem materiais prejudiciais ao meio ambiente. Portanto, após o descarte do LED, por ser composto de pouquíssimos materiais, sendo a maioria de alumínio, é mais fácil de manusear em comparação com outros materiais, e, portanto, apresenta menos poluição ambiental durante seu descarte (ALMEIDA, et al., 2019).

Nas décadas de 1960 e 1970, empresas de calculadoras e computadores começaram a usar LEDs como indicadores pioneiros para ligar e desligar seus dispositivos. Seu uso cresceu muito: em 1971, os LEDs passaram a ser amarelos, verdes e laranja. A Siemens em 1975 lançou o primeiro LED radial no mercado para continuar a melhorar o desempenho do LED (CORDEIRO, 2016).

Cientistas japoneses descobriram OLED (LED orgânico) em 1990. O desenvolvimento de OLED tornou-se um fato, podendo competir de forma saudável com os tradicionais LEDs e apresentar vantagens em algumas aplicações. Também na década de 1990, a indústria automotiva se interessou pelos LEDs e os aplicou em determinadas partes dos veículos, como lanternas traseiras, faróis altos e painéis. Com o interesse e a aplicação desses gigantes industriais, as pessoas estão fazendo mais pesquisas e os LEDs estão começando a ter mais cores e um brilho mais intenso (BERNADES; BERNADES; CHAVES, 2020).

Em 1993, os primeiros diodos de nitreto de índio e gálio foram introduzidos no mercado, emitindo luz azul e verde de forma muito eficiente. O LED azul é a base do LED branco. A descoberta do LED azul é creditada ao Dr. Shuji Nakamura e é

considerada um marco importante na indústria de iluminação global. A Osram lançou seu primeiro LED branco em 1995 e o nomeou PowerTopLED (SILVA, 2011).

Em 1997 e 1998, o primeiro lote de luzes de construção foi lançado e produzido em massa. Esses modelos foram exibidos em feiras profissionais nos Estados Unidos e na Europa e possuem vários tipos de cabeços e luzes de emergência. Em 2000, a Lumileds-Philips lançou o diodo LED Luxeon I, que elevou o nível técnico de um único emissor de luz para 25 lumens, o que foi uma revolução na época. Muitas indústrias têm adotado essa plataforma e soluções como óptica secundária, dissipação de calor, drivers, controles e softwares têm surgido, permitindo que os LEDs sejam usados de forma mais eficiente na iluminação geral (VASCONCELLOS; LIMBERGER, 2013).

Como resultado, muitas empresas começaram a desenvolver seus diodos de energia. Hoje, muitas fábricas de equipamentos de iluminação estão desenvolvendo produtos LED, mas as empresas de iluminação tradicionais ao redor do mundo estão investindo cada vez mais em soluções LED com excelente luz branca e alto índice de reprodução de cor (IRC) (APLIQUIM, 2009).

Empresas como Osram, Philips e General Electric (GE) têm investido pesadamente para poder fornecer produtos LED de alta qualidade que possam competir com as lâmpadas tradicionais, sempre considerando o investimento total que pode ser aberto e gerado produtos LED tradicionais (como lâmpadas fluorescentes e halógenas), e seus equipamentos, que se assemelham à luz fornecida pelas lâmpadas, podem ser instalados diretamente em tomadas comuns, úteis para a transformação, principalmente para uso doméstico (SILVA; LUSTOSA, 2006).

Os LEDs são basicamente componentes eletrônicos formados por junções semicondutoras. Quando elementos carregados (positivos ou negativos) são depositados em semicondutores, eles se tornam levemente carregados positivamente (sem elétrons) ou negativamente carregados (elétrons livres) (GIANELLI et al., 2009).

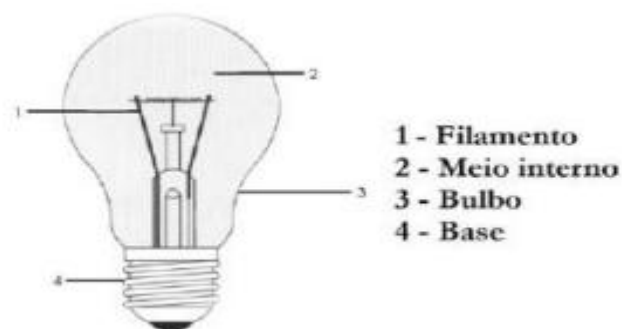
2.4.2 LÂMPADA INCANDESCENTE

De acordo com Junior, Castilho, Moretto e Silva (2011, p. 3), as lâmpadas incandescentes:

“São constituídas de um filamento de tungstênio enrolado geralmente em forma espiralada, que atinge a incandescência com a passagem de uma corrente elétrica, e de um bulbo de vidro transparente, translúcido ou opaco, no interior do bulbo de vidro é feito vácuo, isto é, retirado todo o oxigênio, para que o filamento não se queime, podendo também ser substituído o oxigênio por outro gás inerte o nitrogênio e argônio, que evita a oxidação do filamento.”

Historicamente, a primeira lâmpada incandescente foi comercializada, em 1879, por Thomas Edison e possui uma composição simples, apenas com filamento, bulbo e base, conforme figura abaixo.

Figura 4. Composição da lâmpada incandescente



Fonte: FUPAI, 2006

Em relação à lâmpada LED, apesar de ser mais comum que a lâmpada LED, consome muita energia e gera pouca iluminação. Segundo AIE (2010, p.1) estas lâmpadas “demandam baixo custo em sua produção e são extremamente ineficientes energeticamente, pois somente 5% do input de energia são convertidos em luz visível, o restante é transformado em calor”.

2.4.3 LÂMPADA FLUORESCENTE

Historicamente, a lâmpada fluorescente foi criada por Nikola Tesla, em 1930, composta por um bulbo de modelo tubular e longo, conforme figura abaixo.

Figura 5. Composição da lâmpada fluorescente



Fonte: FUPAI, 2006

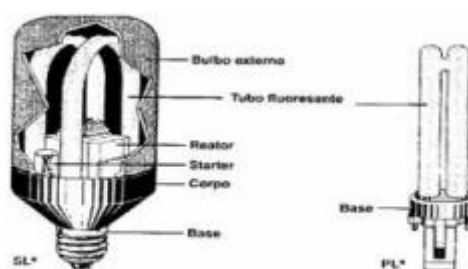
Quanto à eficiência energética, há pouca perda de energia, a maior parte da energia fornecida é transformada em luz, por isso é mais econômica. Duram em cerca de oito mil horas, comparando com as incandescentes são maiores e duram oito vezes mais.

2.4.4 LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA

Existe também a lâmpada fluorescente compacta, estão disponíveis de várias formas e tamanhos, suas vantagens estão em apresentar o mesmo fluxo luminoso utilizando menos energia, gerando uma economia de 80%, além de possuírem uma variedade de cores, conforme a Figura 3 (FUPAI, 2006).

Consiste basicamente em um bulbo cilíndrico de vidro, com eletrodos metálicos de tungstênio (cátodos) em sua extremidade, por onde flui a corrente elétrica. Há mercúrio de baixa pressão ou vapor de argônio no interior, e as paredes internas do tubo são revestidas com materiais fluorescentes, conhecidos como cristais de fósforo. Podem ter o reator e a base já instalados nos tubos fluorescentes ou não; neste caso é necessário utilizar o equipamento de primeiros socorros separado da lâmpada, mostrado na figura abaixo.

Figura 6. Lâmpada fluorescente compacta



Fonte: (FUPAI, 2006).

As lâmpadas fluorescentes compactas podem custar até seis vezes mais do que as lâmpadas incandescentes, mas os benefícios são muitos, como a redução do custo de energia e a possibilidade de reciclagem. Os fluorescentes, por conterem

mercúrio, apresentam um grande perigo quando se quebram, é uma substância tóxica, o que o torna um problema para o meio ambiente. (CERRI, 2010).

Ainda, a lâmpada compacta se torna apropriada para várias aplicações, especialmente quando se deseja criar uma atmosfera agradável, como em residências, hotéis, restaurantes, museus e teatros, sem perder as vantagens das lâmpadas fluorescentes.

2.4.5 COMPARATIVO COM RELAÇÃO À LÂMPADA LED

Em relação à vida útil e eficácia luminosa, segue o seguinte quadro comparativo.

Figura 7. Vida útil e eficácia luminosa

Tipo de lâmpada	Vida útil (h)	Potência (w)	Luminosidade (lm)	Eficiência luminosa (lm/w)
Incandescente	1000	100	1300	13
Fluorescente	6000	20	1280	64
LED	30000	15	1320	88

Fonte: (DALLABRIDA; GONÇALVES; PIOVESAN, 2016. p.1).

A lâmpada LED é eminente em 676,92% e apresentando (88lm/w) se tratando de iluminação, eficiência energética e dissipação de calor. A fluorescente compacta demonstrou uma boa relação entre custo de energia, características lumínicas e custo da lâmpada, sua eficiência é (64lm/w) e é superior em 492,30% comparada a lâmpada incandescente (13lm/w)

Fica evidenciada a relação entre a evolução das novas tecnologias em se tratando de lâmpadas de iluminação e eficiência energética das mesmas, através das abordagens aqui destacadas fica clara a superioridade da lâmpada tipo LED em relação à eficiência luminosa, tempo de vida útil e dissipação de calor nos ambientes, em seguida a fluorescente que também contempla aspectos satisfatórios e por último tem-se a lâmpada incandescente que tem baixa durabilidade, pouca eficiência luminosa e alta dissipação de calor. Esses fatores que são destacados nas

lâmpadas Fluorescente e LED são provedores da sustentabilidade, já que uma lâmpada que dura mais, consome menos energia para prover determinada iluminação e gera menos calor em um ambiente que é climatizado, a soma desses fatores aplicados em uma grande escala de consumidores, acaba acarretando em uma utilização mais eficiente e racional da energia elétrica, agredindo menos o ambiente. (DALLABRIDA; GONÇALVES; PIOVESAN, 2016)

3 RESULTADOS

3.1 VIABILIDADE ECONÔMICA

O LED é pequeno, por isso pode ser usado em dispositivos de iluminação mais compactos. O efeito da vibração na lâmpada geralmente encurta a vida útil da lâmpada e complica o funcionamento da lâmpada e, no caso do LED, como não existe esse efeito, melhora o desempenho e aumenta significativamente a vida útil. Isso porque não possui filamentos e pode trabalhar com fragmentos muito pequenos evitando vibrações e choques (NUNES, 2019).

As luzes LED são direcionais, portanto, você pode fazer melhor uso da luz direcional e usar dispositivos ópticos especiais para se adaptar melhor ao ambiente. A característica mais marcante de um LED é sua longa vida útil, pois reduz a manutenção, economiza custos e protege o meio ambiente (SILVA, 2011).

Ao contrário das lâmpadas de descarga que são econômicas e têm uma longa vida útil, a substituição dos LEDs não o incomoda. Por exemplo, embora uma lâmpada fluorescente tenha muitas lâmpadas durante sua vida útil, um LED pode ser ligado e desligado indefinidamente sem alterar sua vida útil. No caso das lâmpadas fluorescentes, quanto mais ignições, menor será sua vida útil. Por outro lado, quanto menor a potência para ligar e desligar a alimentação, maior será sua vida útil (MAGALHÃES, 2014).

Os limites operacionais de abertura e fechamento estarão sujeitos apenas a equipamentos auxiliares que, como os componentes elétricos, irão se deteriorar com o tempo e operações repetidas. O LED em si não possui limitações operacionais (SILVA, 2011).

Uma vez que os LEDs produzem luminescência, é possível usá-los em uma variedade de situações, desde que não sejam impossíveis ou desnecessários para técnicas de iluminação eficazes, de modo que a luz não danifique o conteúdo de iluminação. O melhor exemplo é um museu porque tanto a radiação ultravioleta quanto a infravermelha são prejudiciais aos objetos iluminados. Os diodos não geram essa radiação no espectro de luz, portanto é possível iluminar a obra a uma curta distância, levando em consideração a influência do calor previamente bloqueado (PINTO, 2018).

Em comparação com as fontes de luz tradicionais, outra vantagem da tecnologia LED é a sua eficiência luminosa. Toda a pesquisa e desenvolvimento de LED têm como objetivo criar uma luz mais eficiente do que as fontes de luz tradicionais. Por exemplo, ao comprar uma lâmpada, não se deve comparar potência, mas eficiência luminosa (SALVADOR; FERNANDES; RIBEIRO, 2016).

A eficiência dos LEDs, que são os equipamentos auxiliares que os fazem funcionar, também é muito importante, ou seja, a fonte de luz, também chamada de driver. Para que o LED funcione de forma eficiente, é necessário instalar a fonte de luz indicada pelo fabricante. Uma fonte de luz qualitativa e adequadamente projetada produzirá luz LED do tamanho especificado no processo de produção e levará à eficiência especificada no catálogo (ALMEIDA et al., 2019).

3.2 DA REDUÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTES COM O USO DE LÂMPADAS LED

A evolução humana está diretamente relacionada ao uso da luz natural e artificial, uma vez que a visão está relacionada ao desenvolvimento do cérebro nas formas de vida mais primitivas. Um dos fatores que avaliam o desenvolvimento social é o nível de iluminação disponível (VASCONCELLOS; LIMBERGER, 2013).

Há sinais de que a iluminação pública apareceu pela primeira vez na Inglaterra por volta de 1415, quando os residentes expressaram preocupação com o roubo e os altos índices de criminalidade e exigiram ação. Registros também mostram que em 1662, em Paris (França), ele foi o primeiro a fornecer iluminação pública para a cidade, que é servida por lampiões a óleo e uma composição de cera de vela. Em última análise, este tipo de iluminação proporciona uma sensação de segurança sem precedentes, aumentando assim o número de pessoas na rua e aumentando a atividade comercial até tempos mais avançados (VASCONCELLOS & LIMBERGER, 2013).

Nos Estados Unidos, as primeiras lâmpadas de rua elétricas foram instaladas em 1879. Um conjunto de doze lâmpadas de arco foi instalado em uma praça pública em Cleveland. Não foi até o século 20 que os sistemas elétricos se tornaram tão confiáveis que apenas lâmpadas elétricas podiam ser usadas. Anteriormente, os sistemas de iluminação pública eram alternadamente misturados com lâmpadas elétricas e de combustível (CLDC, 2005).

Ao longo da história, é óbvio que a iluminação pública está associada ao conforto e segurança das pessoas na rua, ao sentido de reconhecimento de objetos e pessoas e ao desenvolvimento local devido ao aumento da atividade comercial noturna, que acabou por alterar o ambiente social. Hábitos e estilos de vida (VASCONCELLOS; LIMBERGER, 2013).

3.3 A APLICAÇÃO DA LÂMPADA LED NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

A iluminação pública desempenha um papel importante no aprimoramento da qualidade de vida de pessoas, seja no trabalho ou em locais públicos, bem como contribui para a aparência da cidade, a ascensão do comércio e do turismo. É inviável hoje em dia imaginar uma cidade – seja ela pequena, média ou grande - sem iluminação pública (RISOTO, 2020)

Martins (2011) indica que é comprovado que há correlação direta entre a falta de iluminação pública e o aumento da criminalidade. Nesse espeque, a NBR 5105 dispõe sobre a iluminação pública, normatizando as regras aplicadas ao setor e

formalizando os padrões necessários para garantir os benefícios de uma boa iluminação, notadamente “a) redução de acidentes noturnos; b) Melhoria da condição de vida, principalmente nas comunidades carentes; c) Auxílio na proteção policial; d) Facilidade no fluxo de tráfego; e) Eficiência energética.” (NBR 5105).

Nesse sentido, uma iluminação pública de qualidade é muito importante para a qualidade de vida dos cidadãos, bem como para o desenvolvimento social e econômico do município.

A ANEEL, no Art. 2, define a iluminação pública como “[...] o serviço que tem por objetivo exclusivo prover claridade aos logradouros públicos, de forma periódica, contínua ou eventual”. Já de acordo com a NBR 5101/1992, a distribuição das luminárias em uma via pública é muito importante, pois é ela quem vai definir a quantidade de iluminação que se terá na prática.

O atual modelo de iluminação pública no Brasil é constituído por luzes, lâmpadas, sensores fotoelétricos, reatores de ignição, suportes e cabos condutores, conforme figura 8 abaixo. Segundo dados da ELETROBRÁS, as lâmpadas mais utilizadas na iluminação pública ainda são as de descarga. Essas lâmpadas geram luz por meio de um tubo com gás ou vapor ionizado. Dentre os modelos utilizados destacam-se as lâmpadas mistas, lâmpadas a vapor de mercúrio, lâmpadas a vapor de sódio e as lâmpadas a vapor metálico

Figura 8 - Luminária padrão utilizada em ruas e avenidas



Fonte: <http://barbacena.mg.gov.br/2/noticias/?id=3769>

Em 2009, uma pesquisa da ELETROBRAS expressou que mais de 90% da iluminação pública atual é composta por lâmpadas de vapor de sódio e de mercúrio, e apenas 0,03% é constituída de outras tecnologias, como as luminárias LED.

Tabela 1 - Lâmpadas utilizadas na iluminação pública no Brasil

Tipo de Lâmpada	Percentual	
	1995	2008
Vapor de Sódio	7,3%	62,93%
Vapor de Mercúrio	80,7%	31,84%
Mista	7,0%	2,22%
Incandescente	3,8%	1,42%
Fluorescente	1,2%	0,81%
Multi-Vapores Metálicos	-	0,73%
Outras	0,0%	0,03%
Total de Unidades Instaladas	8.782.000	14.769.309

Fonte: Eletrobras, 2009.

Com o LED, o avanço tecnológico para a geração de novas sinfonia de luzes, variedade de cores, dimerização e redução de consumo tornou-se real. Por outro lado, em alguns países investem no conceito de “criminalização” da industrialização das lâmpadas incandescentes. Países europeus já fixaram datas para eliminar o comércio e industrialização dessas lâmpadas (DERZE, 2008)

Tabela 2 – Custo do Consumo de Energia Pública x Custo de consumo com LED

Tempo (Anos)	Custo Convencional (US\$)	Custo LED (US\$)	Economia (US\$)
1	148,00	72,80	75,20
3	443,90	218,40	225,50
5	739,90	364,00	375,90
6	887,80	436,80	451,00
7	1035,80	509,60	526,20
10	1479,70	728,00	751,70

Fonte: DERZE (2008)

Figura 9 – Avenida de São Paulo já utilizando tecnologia LED



Fonte: <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2015/12/1715830-sp-vai-trocar-toda-a-iluminacao-publica-por-lampadas-de-led-em-cinco-anos.shtml>

Dessa forma, a questão envolvendo a iluminação pública vem sendo cada vez mais discutida nos municípios buscando soluções que possibilitam a melhoria da qualidade de serviço sem aumento de uso e preços pagos. Com isso, novas tecnologias no campo da iluminação, e no momento a luz LED, está em alta.

Assim, a propensão para o futuro é que se faça a troca dos sistemas convencionais para o de tecnologia LED, já que ela traz pleno conforto e segurança para a população, progredindo social e economicamente o município. Essa implantação pode ser ponderada de início em ambientes decorativos, como praças e parques, e posteriormente avenidas da cidade. Por último, as ruas vicinais e estradas do interior.

No entanto, para uma implantação correta, é necessário que se estipulem os prazos máximos da efetuação das trocas, para que se tenha um aproveitamento total do sistema, evitando que devam haver grandes manutenções e implantações no mesmo período.

3.4 PERSPECTIVA DA TECNOLOGIA LED PARA O FUTURO

A iluminação por LED's é o futuro da iluminação. Os dispositivos de LED possibilitam soluções únicas em iluminação indireta por proporcionarem resultados homogêneos sem zonas escuras. Há uma obtenção de iluminação focalizada sem causar descoloração, aquecimento e envelhecimento da peça; além disso, são apresentados em diversas cores em versões que, mediante controladores adequados, possibilitam a obtenção de milhões de cores diferentes.

São muito econômicos no consumo de energia elétrica e mediante o uso de drivers especiais permitem a variação total da intensidade luminosa, sem que haja alteração na cor da luz, incrementando o conforto ambiental e possibilitando um acréscimo ainda maior na economia de energia elétrica. A variedade de opções de iluminação atualmente é grande, e a tendência de crescimento é evidente.

A lâmpada LED tem se tornado a principal fonte de estudo quando se trata de iluminação, apesar de ainda apresentar um elevado custo de investimento inicial, este se paga a longo tempo devido à grande economia de energia apresentada.

Além de melhor eficiência energética, esse tipo de lâmpada apresenta uma diminuição significativa de emissão de gases poluentes que causam o efeito estufa. Outra viabilidade é o numeroso emprego que esse tipo de iluminação apresenta, incluindo sinalizadores de emergência, iluminação interna e externa, iluminação de vitrines, iluminação pública, etc.

A tecnologia de iluminação com diodos emissores de luz já pode ser considerada uma grande aposta para o futuro, com o melhoramento de suas características e de seu funcionamento o LED terá outras aplicabilidades, e até mesmo poderá ter seu custo reduzido, tornando seu uso mais viável. Estamos falando de uma alternativa sem dúvida mais eficiente e, portanto, mais ecológica, que promete num futuro próximo revolucionar a área da iluminação. Com o aperfeiçoamento da tecnologia, o seu uso tenderá a ser não só mais comum como também mais diversificado, aumentando ainda mais o potencial de redução do consumo energético atrás referido.

4 CONCLUSÃO

A lâmpada LED apresentou uma economia significativa em relação às lâmpadas convencionais e a eficiência energética tem impacto direto no fator social, pois reduz o impacto ambiental. Os LEDs não devem ser encarados como uma alternativa, mas sim como uma solução como fonte de luz para alcançar a eficiência energética.

Além disso, as luzes LED são totalmente sustentáveis, pois não contêm contaminantes ou poluentes, reduzindo a quantidade de resíduos produzidos. Além do baixo consumo de energia, que gera economia para os consumidores, reduz a necessidade de geração de energia elétrica e reduz os impactos naturais do processo, tornando-se uma excelente alternativa à iluminação pública.

Por isso, a tendência do futuro é substituir os sistemas convencionais por LED, pois traz maior conforto e segurança aos moradores, melhorando o município social e economicamente. Essa implantação pode ser imaginada inicialmente em áreas decorativas, como praças e parques, e posteriormente nas principais ruas da cidade. Finalmente, estradas secundárias e estradas secundárias.

Nos últimos anos, a conscientização pública no Brasil percorreu um longo caminho, com o desenvolvimento de novas tecnologias. Isso mostra que a iluminação pública de hoje requer menor consumo, menores emissões, menor distribuição de radiação e menores custos de implantação e manutenção.

Tudo isso nos leva a acreditar que os padrões de iluminação como conhecemos hoje, com lâmpadas emitindo lâmpadas, principalmente sódio, mercúrio e vapor metálico, estão desatualizados, devido aos benefícios que as luzes LED produzem em todos os aspectos e a lâmpada LED será a iluminação pública do futuro.

Nesse aspecto, ganha força a utilização do sistema off grid para geração de energia, que por não ser conectado à rede elétrica pode ser utilizado em áreas rurais, fazendas e regiões pobres onde não se chega rede elétrica, sendo uma fonte alternativa de energia e iluminação pública para essas áreas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Marliana de Oliveira Lage. Energia solar: estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid. 2019. 75 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) - Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2019.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas da Energia Elétrica do Brasil**. 2ª edição. Brasília, DF, 2015.

BORTOLOTO, Valter A. et al. Geração de Energia Solar On Grid e Off Grid. In: **VI JORNACITEC-Jornada Científica e Tecnológica**. 2017.

CABRAL, I. 2012 **II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Goiânia / GO de 19 a 22/11/2012**. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos20121X-003.pdf> Acesso em jun de 2022.

DERZE, Farley. História da iluminação do fogo ao LED. IPOG Instituto de PósGraduação e Graduação. Curso de Pós-Graduação em Iluminação e Design de Interiores. Aula. 2008

FALCÃO, D. M. **Impacto da mini e microgeração distribuída nas redes de distribuição de energia elétrica**. *Espaço IEEE, O setor Elétrico*, p. 148-149. Setembro de 2013.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

GOLDEMBERG, J; PALETTA, F. C. **Energias Renováveis**. Editora Edgard Blucher Ltda, 2012.

GOMES, M; JUSTINO, G. **Energia solar e o prêmio Nobel de Einstein**. Disponível em <grenbras.com/energiafotovoltaica/energia-solar-e-o-prêmio-nobel-de-einstein>. Acesso em 10 jun 2022.

GUITARRARA, Paloma. "Energia eólica"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/energia-eolica.htm>. Acesso em 06 de julho de 2022.

HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M; REIS, L. B. dos. **Energia e Meio ambientes** 5 edições — São Paulo, Cengage Learning, 2016.

IRENA – INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Accelerating the global energy transformation**. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2020a.

KALOGIROU, S; SOTERIS, A. **Engenharia de energia solar: processos e sistemas**. Rio de Janeiro: Ed. Elsevier, 2016.

LANGE, W. J, 2012 **Terra GIS Consultoria, Geprocessamento e Geografia Aplicada** Ltda. Disponível em: https://energypediatest.energypedia.info/images/4/40/Metodologia_de_mapeamento_da_%C3%A1rea_potencial_de_telhados_residenciais_para_PV_no_Brasil.pdf. Acesso em 10 out. 2020.

MACHADO, C. T; MIRANDA, F. S. Energia solar fotovoltaica: uma breve revisão. **Revista Virtual de Química**, Niterói, Rio de Janeiro, v.7, n.1, p. 126-143, jan/fev 2015.

MARTINS, Juliana. O papel social da luz urbana. Edição 69, Outubro de 2011. Disponível em < <https://www.osetoreletrico.com.br/> > . Acesso em: 27 de jun. 2022

NASCIMENTO, R. L. 2015. **Energia Solar no Brasil: situação e perspectivas**. Disponível em: <bd.camara.gov.br/handle/bdcamara>. Acesso em 10 jun. 2022.

NBR 5101. Iluminação Pública. Disponível em: < <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=90522> > Acesso em 15 de maio de 2022.

OLIVEIRA, M. de. Fonte Estelar: casa que funciona com eletricidade dos raios solares vai a competição internacional. **Revista Pesquisa F** São Paulo, nº 167, p.66-71, jan.2010. APESP.

PEREIRA, E. B; MARTINS, F. R; ABREU, S. L; RUTHER, R. Atlas Brasileiro de Energia Solar. São José dos Campos: INPE, 2016.

PROENÇA, E. D. R. B. 2017. **Energia fotovoltaicas**. Disponível em: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395137487931/Tese%20-%20A%20Energia%20Solar%20Fotovoltaica%20em%20Portugal.pdf>. Acesso em 10 jun. 2022.

REBOITA, M. S. et al. **Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul**. *TERRAE DIDATICA*, vol. 8(1), p. 34-50, 2012.

REIS, D. de C., 2015 — Universidade Federal de Minas Gerais. **Microgeração solar**. Disponível em: <https://www.ppgee.ufmg.br/defesas/1138M.PDF>. Acesso em 10 jun. 2022.

ROSITO, Luciano Haas. *As origens da iluminação Pública no Brasil*. 2009. Disponível em <<http://www.osetoreletrico.com.br>>. Acesso em: 27 de jun. de 2022.

SILVA, R. M. **Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios**. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, fevereiro/2015 (Texto para Discussão nº 166). Disponível em: <www.senado.leg.br/estudos>. Acesso em 10 jun. 2022.

SILVA, V. B. **A Energia Elétrica no Brasil, da primeira lâmpada à Eletrobrás**. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 2017.

SILVA, A. S.; SOUZA F. M. C. de **Viabilidade Econômica da Energia Solar** *Associação Brasileira de Engenharia de Produção, ABEPRO.*, 2018.

SOUSA, F. P, p. 76. **Acesso à Energia Elétrica de Populações Urbanas de Baixa Renda: O Caso das Favelas do Rio de Janeiro**. UFRJ/COPPE/Programa de Planejamento Energético, 128p. 2012.

SOUSA, Rafaela. "Energia Solar"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/energia-solar.htm>. Acesso em 06 de julho de 2022.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. **Energia Solar Fotovoltaica. Conceitos e Aplicações**, Edição 1. Reimpressão 4, São Paulo, 2016.