

Análise do Impacto do Descarte de Lâmpadas LED na Iluminação Pública de Mossoró/RN

1º Pablo Preston Queiroz Leite Batista
Departamento de Engenharia e Tecnologia
UFERSA
Mossoró, Brasil
prestonpablo31@gmail.com

2º Fabiana Karla de Oliveira Martins Varella
Departamento de Engenharia e Tecnologia
UFERSA
Mossoró, Brasil
fkv@ufersa.edu.br

Resumo— Com o notório aumento da demanda por energia elétrica, as concessionárias de energia e órgãos responsáveis têm buscado medidas que proporcionem alívio aos seus sistemas elétricos. Diante disso, os sistemas de iluminação pública têm apresentado uma tendência de substituição das luminárias convencionais de vapores metálicos por modelos de LED (*Light Emitting Diode*). Nesse cenário, a prefeitura da cidade de Mossoró-RN iniciou em 2018 um projeto de substituição das luminárias utilizadas na iluminação pública da cidade, por modelos do tipo LED. O presente trabalho tem como objetivo analisar o impacto do descarte das luminárias de LED e suas consequências e desdobramentos. Utilizou-se na metodologia, a normatização empregada e o planejamento para o descarte futuro dessas luminárias, utilizando como principais referências o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e o Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos da Iluminação Pública, publicado em 2021 pelo PROCEL. Como resultado observou-se que o emprego das luminárias de LED pode gerar o descarte de cerca de 51.800 luminárias até o ano de 2050, que representa um montante quase quatro vezes menor que as luminárias tradicionais poderiam gerar no mesmo período.

Palavras-chave — Iluminação pública, LED, Eficiência energética, Descarte de resíduos sólidos.

I. INTRODUÇÃO

Uma das tecnologias que têm ganhado cada vez mais espaço nas diversas áreas da engenharia elétrica é a utilização de LED's (*Light Emitting Diodes*). Dentre as aplicações desta tecnologia, destaca-se principalmente a iluminação de vias públicas, pois tem se mostrado vantajosa em diversos aspectos, haja vista que as lâmpadas de vapores metálicos utilizadas predominantemente no Brasil apresentam custo operacional com manutenção elevado e baixa qualidade de iluminação, em comparação às lâmpadas de LED [1].

Diante disso, tem se observado nos últimos anos, por parte dos órgãos responsáveis uma intensificação no incentivo para que as concessionárias de energia busquem otimizar seus sistemas de iluminação pública. Com a edição da Lei nº 9.991, de julho de 2000, foi regulamentada a obrigatoriedade de investimentos em programas de eficiência energética no uso final, por parte das empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica [1]. Alguns exemplos são o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), mais especificamente o Procel Reluz, o Programa de Eficiência Energética (PEE) e a Portaria nº 20 de 15 de fevereiro de 2017 do INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia).

Com o advento desses programas, muitas iniciativas têm sido tomadas visando a substituição de luminárias de iluminação pública convencionais, por luminárias de LED. Portanto, é natural se projetar o cenário geral da iluminação pública passando por mudanças ao longo dos próximos anos, e apesar da vida útil das lâmpadas LED ser maior que as lâmpadas convencionais mais utilizadas historicamente, o descarte desses equipamentos deve ser feito de forma adequada.

Diante disso, o Procel Reluz apresentou em seu relatório de 2021 (Ano base 2020) o Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos da Iluminação Pública [2], que tem como objetivo orientar gestores quanto aos riscos de agressão ao meio ambiente e à saúde humana decorrentes do manejo, armazenamento, transporte e destinação final dos equipamentos de iluminação pública e seus resíduos [3].

Na cidade de Mossoró/RN, a substituição das luminárias de iluminação pública por tecnologias de LED teve seu início no ano de 2018 e estima-se que até o mês de junho de 2021 cerca de 41% da iluminação pública da cidade já tenha sido substituída.

Diante disso, projeta-se um cenário em que será necessário um descarte em massa desses materiais, que caso não seja feito da forma adequada, poderá gerar impactos negativos ao meio ambiente e à saúde humana, decorrentes dos materiais que compõem essas luminárias. Um fator agravante é o fato de que as luminárias de LED que atualmente estão sendo instaladas na cidade não viabilizam a substituição apenas das lâmpadas, como é feito comumente com as luminárias convencionais, dessa forma, quando há a necessidade do descarte, este deve ser feito envolvendo todo o corpo da luminária, aumentando o volume de resíduos sólidos gerados.

Isto posto, este trabalho visa analisar os planos de descarte das luminárias de LED que estão sendo instaladas atualmente no sistema de iluminação pública da cidade de Mossoró-RN, tendo como base as legislações e recomendações atuais, visto que, por se tratar de uma tecnologia nova, ainda não há uma normatização completa acerca do descarte dos resíduos sólidos desses equipamentos. Foi buscado também prospectar cenários futuros que podem ser enfrentados devido ao descarte em massa das luminárias, além de analisar os impactos que o descarte irresponsável pode trazer à saúde pública.

II. ILUMINAÇÃO PÚBLICA BRASILEIRA

Acredita-se que a iluminação pública teve seu início no Brasil no ano de 1794 quando se iniciou a iluminação pública

no Rio de Janeiro utilizando 100 luminárias de azeite para iluminar o centro da cidade [4].

Segundo [5], o crescimento da iluminação pública no país ocorreu principalmente a partir do advento da família real portuguesa para o Brasil em 1808, período no qual houve empenho para que as condições de vida no país fossem melhoradas, haja vista os diversos problemas sanitários enfrentados na época, como a falta de tratamento de esgotos, lixo, epidemias, etc.) e também de serviços urbanos, como a iluminação pública.

Um grande marco da iluminação pública no Brasil foi no ano de 1883, em Campos no Rio de Janeiro, com a utilização de uma máquina a vapor para iluminar o distrito com 39 lâmpadas [6].

Com o crescimento populacional exponencial e o avanço das tecnologias de iluminação, o setor de iluminação pública se tornou serviço essencial para o desenvolvimento das cidades, a ponto de que no Brasil, por lei, os municípios são responsáveis pela iluminação pública e podem inclusive cobrar taxas nas faturas de energia dos consumidores para manutenção deste serviço.

Os benefícios da iluminação pública são diversos, e dentre eles pode-se citar a possibilitação de atividades comerciais noturnas, tráfego viário mais seguro e principalmente o aumento na segurança dos ambientes públicos.

Segundo [7] a iluminação pública foi instrumento de enfrentamento não só da violência, mas também da pandemia de Covid-19 no ano de 2021 na favela de Paraisópolis na cidade de São Paulo, onde um projeto desenvolvido pela empresa Signify em parceria com a Prefeitura de São Paulo, instalou duzentos pontos de iluminação em seis pontos da favela. Segundo a autora, os pontos escolhidos foram estratégicos pois atenderam espaços públicos, como escadarias, ruas e praças onde há grande circulação de pessoas diariamente e são possíveis focos de disseminação do vírus.

De acordo com [8] no último levantamento realizado, estimou-se que o setor de iluminação pública no Brasil possuía mais de 18 milhões de pontos de luz, com o serviço atingindo cerca de 95,5% das residências do país, porém a maior parte dos pontos de iluminação pública no país ainda é atendida por lâmpadas de vapores metálicos, apesar da utilização do LED estar em crescimento devido aos programas de incentivo que vêm sendo desenvolvidos nos últimos anos.

O último levantamento dos tipos de lâmpadas empregadas na iluminação pública brasileira foi feito pela Eletrobrás em 2012 e a distribuição estava conforme a Tabela 1 na qual pode-se notar a ínfima participação das luminárias de LED na matriz do sistema de iluminação público nacional.

Apesar dos dados mostrados na Tabela 1, o relatório do PROCEL 2020 indica que quase 90% das luminárias públicas de LED do país foram instaladas a partir de 2016, o que demonstra a ampla expansão da tecnologia que vem ocorrendo recentemente.

TABELA 1. QUANTITATIVO DE LÂMPADAS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA NO BRASIL EM 2012.

	Brasil	Norte	Nordeste	Sul	Centro-Oeste	Sudeste
Vapor de mercúrio	23,6%	31,3%	20,7%	23,9%	23,0%	24,4%
Vapor de sódio	71,1%	64,5%	68,6%	71,4%	72,2%	72,5%
LEDs	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%
Outras	5,3%	4,2%	10,7%	4,7%	4,9%	3,1%

Fonte: [8].

A. Sistemas de Iluminação Pública

De acordo com a Resolução Normativa n.º 414/2010 da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, a iluminação pública é definida como o serviço público que tem por objetivo exclusivo prover de claridade os logradouros públicos, de forma periódica, contínua ou eventual.

A ABNT NBR 5101:2018 define que o objetivo da iluminação pública é proporcionar visibilidade para a segurança do tráfego de veículos e pedestres, de forma rápida, precisa e confortável. Os projetos de iluminação pública devem atender aos requisitos específicos do usuário, provendo benefícios econômicos e sociais para os cidadãos, incluindo:

- redução de acidentes noturnos;
- melhoria das condições de vida, principalmente nas comunidades carentes;
- auxílio à proteção policial, com ênfase na segurança dos indivíduos e propriedades;
- facilidade do fluxo do tráfego;
- destaque a edifícios e obras públicas durante à noite;
- eficiência energética.

Assim sendo, explicações acerca dos materiais e equipamentos que compõem os sistemas de iluminação pública com tecnologia LED são de fundamental importância no processo de compreensão dos benefícios da utilização dessas lâmpadas na iluminação, de forma geral, assim como no objeto de estudo deste trabalho, a iluminação pública. Dessa forma, esta seção visa detalhar alguns desses componentes e parâmetros

1) Lâmpadas do tipo LED

Estas lâmpadas possuem um princípio de funcionamento diferente da maioria das demais tecnologias de lâmpadas. Nelas, a luz é gerada a partir da circulação de corrente elétrica através de um componente eletrônico, o diodo, sem a liberação de gases com as lâmpadas de vapor metálico.

Essa tecnologia tem conquistado espaço em aplicações tanto residenciais quanto de larga escala como na iluminação pública, devido à alta eficiência, longa vida útil média, alto

IRC (Índice de Reprodução de Cor) e diversidade de temperaturas de cores. O maior empecilho a sua utilização em massa ainda é o seu custo elevado, que tende a ser superado com o passar do tempo e a difusão dessa tecnologia que é considerada nova.

2) Luminárias

A princípio, as luminárias eram utilizadas apenas para sustentar e servir de interface de conexão entre as lâmpadas e a rede elétrica [9], entretanto hoje em dia, esses são os componentes responsáveis por abrigar as lâmpadas, também refletem a luz da lâmpada no sentido do solo, de modo a proporcionar maior luminosidade no ambiente onde estiver instalada [8].

Ainda de acordo com [8], existem vários modelos e fatores que devem ser considerados na especificação e compra de luminárias para iluminação pública. Dentre eles os mais importantes são: corpo refletor, porta-lâmpada, fechamento, alojamento para equipamentos auxiliares e tomada para relé.

A utilização de luminárias na iluminação pública é regida no Brasil pelas ABNT NBR 15129:2012, e ABNT NBR IEC 60598-1:2010. De acordo com NBR 15129:2012 normalmente as luminárias para iluminação pública são projetadas para uma ou mais das seguintes maneiras de instalar:

- a) No tubo (braço) ou similar;
- b) Sobre suporte ou no braço de poste (coluna);
- c) No topo de poste;
- d) Sobre cabos de sustentação ou suspensão;
- e) Na parede.

O corpo refletor das luminárias proporciona uma reflexão interna da luz emitida pelas lâmpadas, de forma que possa ser direcionada para o meio que se deseja iluminar. Estes materiais refletores podem utilizar alumínio polido e anodizado, revestimento com película de prata ou uma camada vitrificada [8].

Em relação ao fechamento das luminárias, elas podem ser abertas, fechadas com telas ou fechadas com difusor. As luminárias abertas apresentam o menor custo por não possuírem corpo protetor para as lâmpadas, porém devido a isso, há uma maior exposição a vandalismo e intempéries, que pode reduzir a vida útil desses equipamentos.

Já as luminárias fechadas com tela, utilizam materiais metálicos para proteger as lâmpadas contra vandalismo, porém em relação a intempéries, não há proteção, reduzindo a vida útil.

As luminárias mais seguras e eficientes são as do tipo fechada com difusor, onde há a proteção das lâmpadas e demais componentes contra intempéries e vandalismo. Os difusores podem ser fabricados com materiais comuns ou

refratores, que proporcionam uma melhor iluminação dos ambientes

Os braços das luminárias têm como principal objetivo, prover suporte e estabilidade às luminárias, assim como auxiliar no direcionamento da luz emitida. Uma das importâncias técnicas do braço, é afastar a luminária do poste, permitindo melhor dispersão do fluxo luminoso, reduzindo uma possível reflexão na estrutura do poste. A fabricação destes componentes normalmente requer o emprego de materiais resistentes à corrosão, usualmente metálicos.

3) Sensores de luminosidade

São equipamentos fundamentais para a iluminação pública. Seu funcionamento consiste em identificar condições de baixa luminosidade para que as lâmpadas sejam acionadas, provendo iluminação para o ambiente. Estes equipamentos podem ser utilizados de forma individual para uma lâmpada, ou para um conjunto de lâmpadas.

O dispositivo mais utilizado atualmente são os LDR (*Light Dependent Resistor*), que geralmente se encontram associados a relés eletrônicos e magnéticos, que proporcionam maior durabilidade às lâmpadas.

B. Programas e Legislações de Incentivo à Eficiência Energética

Com o crescimento das atividades industriais e a dependência cada vez maior, por parte de toda a sociedade, da energia elétrica, os sistemas elétricos de geração, transmissão e distribuição de energia tendem a ser cada vez mais robustos para suportar o aumento constante na demanda. O aumento na robustez dos sistemas inevitavelmente gera custos como com as implantações de novos sistemas de geração, atendimento a novas unidades consumidoras e obras de melhoramento na rede, necessárias devido aos aumentos nas demandas dos consumidores já instalados. Dessa forma, diversas alternativas para alívio nos sistemas elétricos têm sido buscadas, como o incentivo à geração distribuída por parte dos consumidores, na qual tem se destacado a tecnologia solar fotovoltaica, além de medidas de incentivo à eficiência energética, de forma que os equipamentos elétricos sejam substituídos por modelos mais novos e eficientes.

O desenvolvimento das tecnologias de lâmpadas de LED, possibilitou aumento na eficiência energética dos sistemas de iluminação pública, que, no Brasil, utiliza predominantemente lâmpadas menos eficientes, como as de vapores metálicos. Diante disso, o Governo Federal e demais órgãos responsáveis, desenvolveram métodos e programas para incentivar a substituição das lâmpadas de iluminação pública convencionais por lâmpadas de LED. Os tópicos a seguir discorrem sobre alguns destes programas.

1) Programa de Eficiência Energética (PEE)

O PEE é um programa do Governo Federal que obriga todas as concessionárias de energia a destinar uma parcela do seu faturamento anual (0,5%) para financiar projetos de eficiência energética. Segundo a [11] o objetivo do PEE é promover o uso eficiente da energia elétrica em todos os setores da economia por meio de projetos que demonstrem a importância e a viabilidade econômica de melhoria da

eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia. Busca-se maximizar os benefícios públicos da energia economizada e da demanda evitada, promovendo a transformação do mercado de eficiência energética, estimulando o desenvolvimento de novas tecnologias e a criação de hábitos e práticas racionais de uso da energia elétrica.

2) *Lei de Eficiência Energética (Lei Nº 10.295 de 2001)*

Criada em 2001, esta lei determina a existência de níveis mínimos de eficiência energética em máquinas, aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no país, bem como de edificações construídas, com base em indicadores técnicos pertinentes de forma compulsória [12]. Esta lei representa um dos principais instrumentos de eficiência energética no país, que demanda esforço proporcional por parte dos órgãos executivos para garantir a elaboração das regulamentações próprias, assim como prover a correta fiscalização e acompanhamento dos processos de implementação de medidas de eficiência energética no país.

3) *Portaria Nº 20 – Inmetro*

Publicada em 15 de fevereiro de 2017, a Portaria número 20 do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) foi elaborada tendo como principal objetivo estabelecer requisitos mínimos de desempenho e eficiência de luminárias de iluminação pública viária dos tipos de descarga e LEDs. Com a criação desta portaria, todas as luminárias de iluminação pública deveriam ser submetidas aos testes de qualidade e eficiência do Inmetro, devendo estas, portanto, possuírem o selo ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia).

Até o segundo semestre de 2021, esta portaria não havia passado por revisões, apesar de terem sido feitas diversas sugestões por parte do setor industrial para que fossem revisados alguns requisitos técnicos, tendo em vista os avanços tecnológicos ocorridos principalmente com as tecnologias de LED. Segundo [13] “um dos principais pontos que tem causado discussões é a possibilidade de tolerância de 10% nas declarações de fluxo luminoso e potência elétrica. A tolerância que deveria ser admitida em função das incertezas de medição e variabilidade nos resultados, pode estar sendo utilizada de acordo com a conveniência de declaração dos dados de cada fabricante/importador da luminária.”

4) *Procel Reluz*

O Procel (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica) foi criado em 30 de dezembro de 1985, pela Portaria Interministerial nº 1.877, visando o estímulo ao uso eficiente de energia elétrica. Este programa é de responsabilidade do Ministério de Minas e Energia (MME) e é executado pela Eletrobrás. De acordo com [14], o Procel Reluz, subprograma do Procel, foi criado em 2000 e tem por objetivo promover o desenvolvimento de sistemas eficientes de Iluminação Pública e sinalização semafórica, bem como a valorização

dos espaços públicos urbanos, melhorando a segurança da população.

Os tipos de projetos realizados são:

- Melhoria dos Sistemas de Iluminação Pública Existentes;
- Expansão dos Sistemas de Iluminação Pública;
- Remodelagem dos Sistemas de Iluminação Pública;
- Melhoria dos Sistemas de Sinalização Semafórica;
- Iluminação Especial (Destaque de praças, monumentos, fachadas, etc);
- Iluminação de Espaços Públicos Esportivos;
- Inovação Tecnológica na Iluminação Pública.

Desde sua criação, o Procel Reluz proporcionou a substituição de mais de 2,7 milhões de pontos de iluminação pública [15], contribuindo para o montante de aproximadamente 18 milhões de pontos de iluminação pública, dos quais aproximadamente 600 mil são atendidos por luminárias de LED, com uma estimativa de substituição de mais 23 milhões de luminárias de LED nos próximos dez anos. Devido à perspectiva do volume de implantações desta tecnologia num futuro próximo, já há uma preocupação com o descarte em massa que haverá dos resíduos sólidos dos componentes destas luminárias posteriormente.

C. *Resíduos sólidos de iluminação pública*

1) *Conceitos de resíduos sólidos*

O crescimento populacional, com o constante desenvolvimento tecnológico aliado ainda à redução da vida útil dos produtos de forma geral, tem tornado inevitável o crescimento também da produção de resíduos sólidos nas diversas esferas da sociedade, o que tem aumentado a necessidade de aterros sanitários, consumo de recursos naturais e de energia poluindo o meio ambiente, como o ar, e águas superficiais e subterrâneas [16].

A Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 define os resíduos sólidos como “material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível”.

A ABNT NBR 10004:2004 classifica os resíduos sólidos como perigosos ou não perigosos em duas classes distintas, da seguinte forma:

- Resíduos classe I - Perigosos;
- Resíduos classe II – Não perigosos;
 - Resíduos classe II A – Não inertes.
 - Resíduos classe II B – Inertes.

A periculosidade dos resíduos é classificada de duas formas: resíduos que causam risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices; resíduos que causam riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada.

2) Manual de gerenciamento de resíduos sólidos da iluminação pública

Diante da perspectiva de descarte em massa de luminárias de LED, devido às trocas realizadas nos últimos e próximos anos, o Procel tem direcionado atenção a essa problemática desde o ano de 2020, com a publicação do Procel 2020 (Ano base 2019), desta forma foram destinados R\$ 381 mil para o desenvolvimento de procedimentos e metodologias para a destinação final ambientalmente adequada das luminárias LED, além da atualização do Manual de descarte de equipamentos de iluminação pública do Reluz.

Na edição seguinte do Procel, em 2021 (Ano base 2020), foram publicados os resultados da chamada anterior, com destaque para o Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos da Iluminação Pública, que visa servir de guia para orientação dos gestores quanto aos riscos de agressão ao meio ambiente e à saúde humana decorrentes do manejo, armazenamento, transporte e destinação final dos equipamentos de iluminação pública e seus resíduos. [3]. Ainda, o documento foi revisado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e elaborado em alinhamento à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que será tratada a seguir.

Segundo o Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos da Iluminação Pública, os resíduos da iluminação pública podem ser classificados de acordo com a Tabela 2.

TABELA 2. CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA.

Equipamento	Tipologia do resíduo	Classe do resíduo
Luminária convencional	Resíduo sólido comum	Classe II – Não perigoso
Lâmpada HID	Resíduo Eletroeletrônico	Classe I – Perigoso
Luminária LED	Resíduo Eletroeletrônico	Classe I – Perigoso
Controlador (<i>driver</i>)	Resíduo Eletroeletrônico	Classe I – Perigoso
DPS	Resíduo Eletroeletrônico	Classe I – Perigoso
Reator	Resíduo Eletroeletrônico	Classe I – Perigoso
Relé fotocontrolador	Resíduo Eletroeletrônico	Classe I – Perigoso
Ignitor	Resíduo Eletroeletrônico	Classe I – Perigoso
Cabo	Resíduo Eletroeletrônico	Classe I – Perigoso
Conector	Resíduo sólido comum	Classe II – Não perigoso
Braço	Resíduo sólido comum	Classe II – Não perigoso

Fonte: [2].

Através da tabela acima, pode-se perceber que grande parte dos componentes das luminárias de iluminação pública

são classificados como perigosos, como as luminárias de LED, relés fotocontroladores, reatores e cabos, por exemplo. Portanto, o correto descarte desses materiais é de suma importância para que não ocorram danos graves ao meio ambiente.

Segundo [2], os riscos principais do manuseio inadequado desses equipamentos são decorrentes dos materiais tóxicos, contidos nos eletroeletrônicos e gerados em processos inadequados de reciclagem e perda de capital a ser explorado nos componentes com grande integridade e valor agregado no processo de reciclagem (metais). Os materiais tóxicos mais comuns são metais pesados, como chumbo, muito usado em soldas de eletrônicos, e aditivos de diversas funções, como retardante de chamas. Em específico no chip do LED, substâncias como arsênio podem ser empregadas.

3) Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)

Instituída em 02 de agosto de 2010, a Lei Nº 12.305 tem por objetivo principal regulamentar principalmente o que tange a gestão integrada e o gerenciamento dos resíduos sólidos, incluindo os processos de manutenção, aquisição e descarte. A partir da criação desta lei, todos os componentes dos sistemas de iluminação pública foram classificados como resíduos sólidos.

A ordem estabelecida pela PNRS, de prioridade para o tratamento dos resíduos é de: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Dessa forma, a responsabilidade sobre a produção de resíduos é incumbida desde antes mesmo da fabricação dos produtos.

Em síntese, com a adoção de práticas baseadas nessa ordem de prioridade, a geração de resíduos sólidos deve ser minimizada, com o desenvolvimento de produtos mais eficientes e duráveis, com manutenção simples e alto potencial de reciclagem.

III. METODOLOGIA

Este estudo foi realizado em duas etapas, sendo a primeira delas a coleta das informações acerca da substituição das luminárias de iluminação pública na cidade de Mossoró por luminárias de LED e da forma de descarte adotada, seguindo para a segunda etapa, que consistiu na análise as informações de acordo com a literatura, além da prospecção de possíveis cenários futuros acerca dos processos de descarte.

Na cidade de Mossoró, a manutenção e operação do sistema de iluminação pública é de responsabilidade da Secretaria de Infraestrutura, Meio Ambiente e Urbanismo, e Serviços Urbanos - Prefeitura Municipal de Mossoró (SEMURB - PMM), através da qual foram obtidos os dados que serão apresentados posteriormente no presente trabalho. Portanto a obtenção dos dados e informações foi feita através de contatos via *e-mail* e visitas presenciais à sede da SEMURB - PMM, através dos quais, foram obtidas informações acerca do andamento da substituição das luminárias de iluminação pública de cidade por luminárias de LED (*vide* Figura 1), quantitativos de ruas e bairros já atendidos, estimativa do quantitativo de substituições que ainda deverão ser feitas no atual e nos próximos anos, além dos planos para o descarte futuro das luminárias.

FIGURA 1. LUMINÁRIA DO TIPO LED UTILIZADA ATUALMENTE.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Na segunda etapa, foram buscadas informações acerca dos equipamentos que estão sendo empregados, assim como realizou-se a verificação da conformidade com as diretrizes que atualmente especificam os requisitos mínimos de parâmetros técnicos dessas luminárias. Posteriormente, foi realizada a análise das informações acerca do descarte de resíduos sólidos de acordo com a literatura, dando enfoque nas orientações contidas no [2] revisado em 2021, assim como projetar cenários futuros com base nas políticas de substituição empregadas atualmente, de modo a estimar os cenários futuros que podem ser faceados devido à adoção ou não de práticas adequadas.

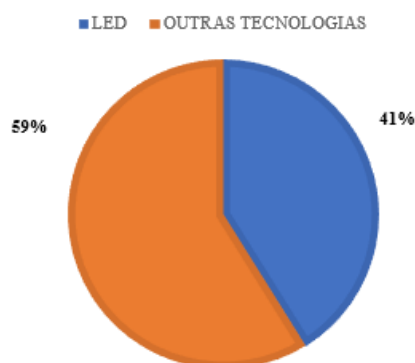
É importante mencionar que a Lei Complementar nº 169, de 12 de agosto de 2021 [17] em sua seção IX determina as competências da SEMIURB - PMM, à qual compete formular, planejar, aprovar, gerir, normatizar e fiscalizar a execução de programas, projetos e sistemas relativos à execução de obras e serviços de engenharia e arquitetura do Município; fazer a gestão da zeladoria do Município; superintender as atividades de elaboração e execução das políticas de proteção e desenvolvimento sustentável do meio ambiente e do ambiente urbanístico do Município; administrar a política de gestão e manejo de resíduos sólidos; articular e executar a política municipal de habitação, além de exercer o poder de polícia administrativa no âmbito de sua competência e de outras atividades correlatas às competências do órgão.

Ainda neste contexto, apesar de diversos programas do Governo Federal de incentivo à eficiência energética atuam inclusive financiando substituições de luminárias de iluminação pública, mas segundo a SEMIURB - PMM, a iniciativa da substituição das luminárias na cidade se deu apenas pela Portaria Nº 20 do Inmetro, que especifica requisitos de desempenho mínimos para a fabricação das luminárias LED de iluminação pública no Brasil. Portanto, a substituição atualmente em curso não há nenhum fomento por parte desses programas, e cerca de R\$ 30 milhões de reais serão investidos no total, para a ampliação e modernização da iluminação pública na cidade [18]. O plano da Prefeitura Municipal de Mossoró, que teve seu início em 2018, é de realizar a substituição de todos os pontos de iluminação pública da cidade até o final do ano de 2023.

Em contato realizado em julho de 2021 com o setor de iluminação pública na sede da SEMIURB – PMM, foi informado que atualmente na cidade de Mossoró existem cerca de 42.000 pontos de iluminação pública instalados.

Destes, 17.282 pontos, que representam 41,15% do total estimado, já são atendidos por luminárias com a tecnologia LED. A representação gráfica do atual cenário está contida na Figura 2.

FIGURA 2. CENÁRIO ATUAL DA IP DE MOSSORÓ-RN.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Considerando que a substituição em massa das luminárias na cidade ocorreu a partir do início do ano de 2018, houve a instalação média de cerca de 5.000 pontos de iluminação por ano até o início de 2021, contemplando 40 bairros e 959 ruas até o fim do primeiro semestre de 2021. A Figura 3 retrata uma das luminárias que estão sendo instaladas atualmente na cidade.

FIGURA 3. LUMINÁRIA SUBSTITUÍDA NA ZONA RURAL DE MOSSORÓ.



Fonte: [19].

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

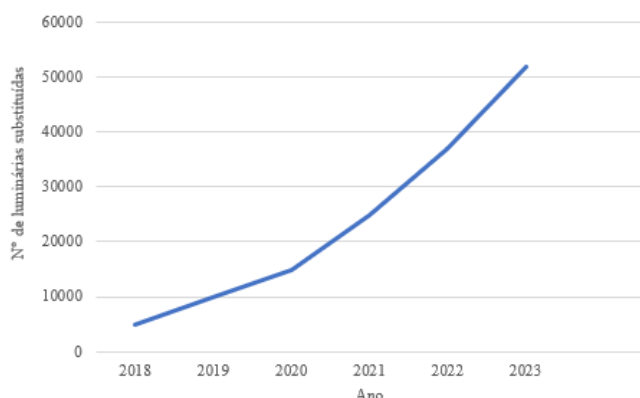
Nesta seção serão analisadas e discutidas as informações obtidas durante os contatos realizados com a SEMIURB – PMM de julho até outubro de 2021, assim como prospectar cenários que podem ser enfrentados com a substituição das luminárias. Também serão propostas sugestões, tendo como principal referência o Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos da Iluminação Pública e o PNRS, de forma que possam ser adotadas pelo Município para se adequar às recomendações e proporcionar otimização nos processos de descarte.

A. Cenário e projeções da substituição de lâmpadas na cidade de Mossoró

Segundo a SEMIURB – PMM, a perspectiva de substituição para os próximos anos é que sejam instaladas 10.000 luminárias LED até o fim de 2021, mais 12.000 luminárias em 2022 e mais 15.000 luminárias em 2023, de forma que todos os pontos de iluminação pública da cidade sejam atendidos por luminárias de LED [18].

A partir da obtenção desses dados, foi elaborada a Figura 4, que mostra a representação gráfica da estimativa de substituição das luminárias LED cumulativamente ao longo dos anos até que seja alcançado o objetivo final da prefeitura, que é atender todos os pontos de iluminação pública da cidade com esta tecnologia.

FIGURA 4. PROJEÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO DE LUMINÁRIAS LED.



Fonte: Autoria própria, 2021.

O gráfico da Figura 4, indica que até o final de 2023, segundo os planos atuais da SEMIURB - PMM para a substituição das luminárias, todos os pontos de iluminação pública da cidade de Mossoró deverão ser beneficiados com a tecnologia LED.

Devido à recente implantação das luminárias, poucas unidades apresentaram defeitos, e estas foram encaminhadas para a empresa fabricante, que dá garantia de 5 anos para defeitos de fabricação. Portanto durante as visitas ao local, ao longo do desenvolvimento da pesquisa, não haviam resíduos sólidos das luminárias de LED no edifício que se localiza a SEMIURB – PMM e que estão alocadas as novas luminárias, tampouco foi indicado o local onde esses materiais deverão ser armazenados futuramente antes de serem coletados pela empresa fabricante.

Segundo a Portaria Nº 20 de 15 de fevereiro de 2017 do INMETRO, em sua Tabela 7 da seção B.6.2.2.3, a vida útil mínima das luminárias com tecnologia LED deve ser de 50.000 horas, que representa cerca de doze anos e meio (12,5 anos) para que o fluxo luminoso das lâmpadas seja preservado a 95,8% de sua capacidade nominal.

As luminárias de LED que estão sendo instaladas atualmente na cidade possuem vida útil nominal de 102.000 horas, como pode ser visto na Figura 5.

FIGURA 5. ETIQUETA DA LÂMPADA EMPREGADA NA CIDADE DE MOSSORÓ.



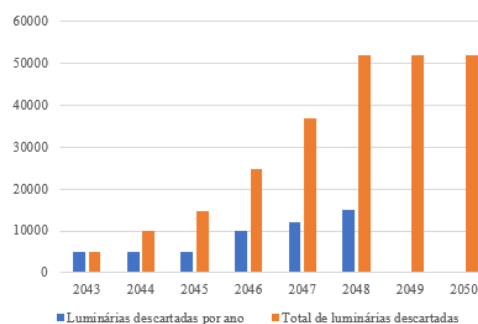
Fonte: Autoria própria, 2021.

Considerando que as lâmpadas operam no período compreendido entre as 18h da tarde às 05 horas da manhã, totalizando 11 horas de operação por dia, as 102.000 horas de vida útil nominal das luminárias atualmente empregadas representam aproximadamente 25 anos e 5 meses, e com base na informação de que as luminárias de LED começaram a ser instaladas intensivamente a partir do ano de 2018, estima-se que o início do descarte em massa das luminárias com tecnologia LED que vêm sendo instaladas na cidade de Mossoró se dará por volta do ano de 2043, e deve se estender por cerca de 6 anos até o ano de 2048.

Ainda de acordo com esse dado, estima-se que o ciclo de substituição intensiva pode ocorrer periodicamente a cada 25 anos, e se estendendo ao longo de seis anos. Apesar disso, é natural que ocorram substituições nos demais anos, devido a defeitos, danos e outros problemas que podem implicar na substituição precoce de algumas luminárias. Também é possível que as luminárias durem mais do que os cerca de 25 anos nominais declarados.

Com base na vida útil dos equipamentos utilizados e desconsiderando efeitos de substituições imprevistas devido a outros fatores, o gráfico da Figura 6 foi elaborado de modo a retratar a quantidade de luminárias que devem ser descartadas pelo município de Mossoró até meados do ano de 2050. Através dele, pode se prever que o montante de luminárias descartadas devido à sua vida útil, pode ultrapassar 51.800 unidades.

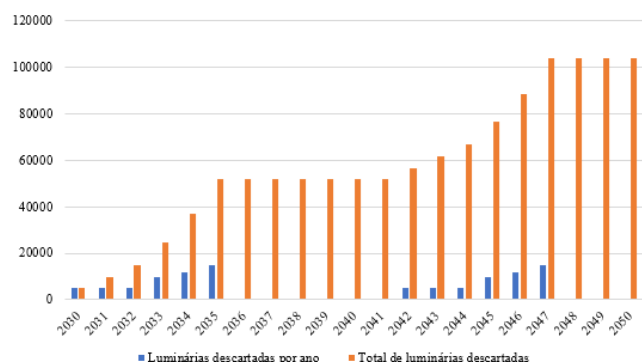
FIGURA 6. PROJEÇÃO DO DESCARTE DAS LUMINÁRIAS LED.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Caso houvesse sido adotada um modelo de luminária que se limitasse à vida útil mínima estabelecida na Tabela 3, poderia ser projetado um cenário de descarte como o exibido na Figura 7.

FIGURA 7. PROJEÇÃO DO DESCARTE DAS LUMINÁRIAS DE LED COM REQUISITOS MÍNIMOS.

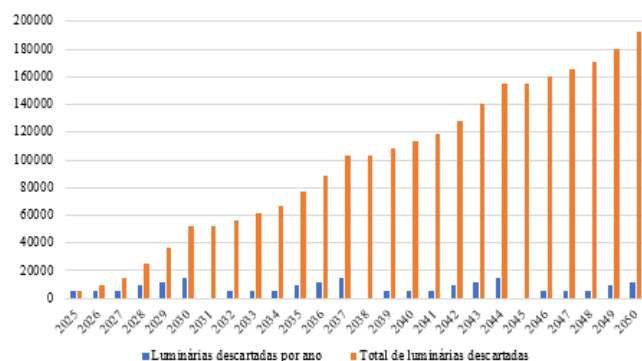


Fonte: Autoria própria, 2021.

Nota-se que, caso o município de Mossoró tivesse optado por um modelo mais simples de luminárias de LED, a vida útil desses equipamentos e consequentemente o ciclo intenso de descarte seria de cerca de 12 anos e meio (50.000 h), com duração de 6 anos, logo poderiam haver mais de 113.500 descartes até o ano de 2050, representando mais que o dobro de descartes, em um mesmo período, que o cenário anterior.

Em outro cenário prospectado, caso a substituição das luminárias não fosse direcionada à instalação de LED's, poderiam ser utilizadas luminárias com lâmpadas de vapor de sódio, que são tecnologias muito utilizadas atualmente na iluminação pública. O modelo adotado para a análise foi o LAVSE27OVL70 da fabricante G-light, que possui potência nominal de 70W e vida útil de 28.000h [20]. Utilizando o dado de vida útil desse modelo, foi elaborado o gráfico da Figura 8, que demonstra a quantidade de descartes que poderiam ser feitos, no mesmo período que a análise anterior, caso fossem utilizadas lâmpadas de vapor de sódio.

FIGURA 8. PROJEÇÃO DO DESCARTE DAS LUMINÁRIAS VAPOR DE SÓDIO.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Observou-se que até o ano de 2050, caso fossem instaladas as mesmas quantidades de luminárias que o esperado para o plano atual da prefeitura, mas com tecnologia de vapor de sódio, o total de descartes poderia ser de mais de 192.200 unidades, o que representa quase 4 vezes mais descartes que as luminárias de LED adotadas atualmente.

Através das figuras anteriores, pôde-se comprovar que o impacto da utilização de luminárias com vidas úteis distintas é notório tanto a curto quanto a longo prazo. No caso das luminárias que estão sendo adotadas atualmente (vide Figura 6), o descarte em massa pode ser iniciado somente por volta do ano de 2043, mas caso houvesse o emprego de luminárias

com vida útil de 50.000 h, o início poderia ser por volta do ano de 2030 (vide Figura 7), e no caso do emprego de luminárias de vapor de sódio (vide Figura 8), já poderiam haver descartes em massa no ano de 2025. Também nota-se que a frequência de descartes ao longo dos anos cresce à medida que a vida útil das luminárias diminui, o que traz consequências financeiras negativas ao município, que precisa investir constantemente na aquisição de novas lâmpadas e luminárias, além da mão de obra, transporte e equipamentos que são necessários para desinstalar, reinstalar, transportar e armazenar as lâmpadas.

O resultado comparativo dos cenários anteriores está exposto na Tabela 4 que explicita a importância da utilização de lâmpadas mais eficientes e duráveis, para reduzir o volume de descartes e a quantidade de despesas a curto e longo prazo.

TABELA 4. COMPARAÇÃO ENTRE A UTILIZAÇÃO DE LÂMPADAS COM TECNOLOGIA E VIDA ÚTIL DISTINTAS.

Tecnologia	Vida útil (h)	Média anual de descartes	Total de descartes até 2050	Porcentagem de Substituição
LED	102.000	1.993	51.813	100%
LED COMUM	50.000	3.986	103.626	200%
VSAP	28.000	7.394	192.253	371%

Fonte: Autoria própria, 2021.

B. Perspectivas para o descarte das luminárias de LED

Os impactos causados pelo descarte das luminárias atualmente empregadas não deverão ser sentidos a curto prazo, pois a expectativa é que o início se dê por volta do ano 2043, porém devido ao volume de luminárias instalado em curto espaço de tempo, o descarte não se limitará a esse período, pois as luminárias continuarão sendo substituídas com o passar do tempo, caso seja mantido o emprego de LEDs nas próximas décadas.

O [2] trata sobre os impactos toxicológicos que os componentes das luminárias de LED têm sobre a vida humana. Materiais como o alumínio, arsênio, cério, chumbo, cobre, fósforo, gadolínio, gálio, germânio, índio, ítrio, níquel, prata e zinco são perigosos à saúde humana, alguns em casos de ingestão, outros inalação e alguns via contato físico com a pele. Todos esses materiais podem ser encontrados nos componentes das luminárias de LED, e consequentemente, podem ser descartados no meio ambiente, causando a poluição de rios, mares, camadas superficiais da terra e contaminando os ares arredores dos locais de descarte.

Haja vista que a substituição das luminárias ocorreu mais intensivamente nos últimos anos, ainda foram poucas as unidades que precisaram ser substituídas, inclusive por ainda estarem no período de garantia. Apesar disso, a SEMIURB - PMM informou que a responsabilidade sobre o descarte dessas luminárias está incumbida à empresa fabricante, que se localiza na cidade de São Paulo-SP, o que está de acordo com o que é estabelecido no PNRS.

Devido à política de retorno dos resíduos para as empresas fabricantes, os impactos ambientais causados pelo descarte das luminárias não serão tão significativos a nível local na

cidade de Mossoró, mas nota-se que os locais onde são fabricados esses tipos de equipamentos podem sofrer agressões com a ocorrência de destinações finais inadequadas.

Uma vez que o descarte das luminárias está associado à contratação de terceirizadas, a prefeitura deve exigir que a empresa atualmente responsável tenha controle sobre todas as etapas de registro dos resíduos de iluminação, coleta dos certificados de tratamento e controle dos dados. Tudo isso deve ser repassado ao setor da prefeitura responsável por acompanhar o processo de descarte.

Caso existam tais registros, não foi possível o acesso a eles durante os contatos com a SEMIURB - PMM e com a empresa atualmente responsável pelo descarte, ao longo do desenvolvimento do presente estudo. Apesar de não ter sido descartado um montante considerável de luminárias, é importante que a prefeitura, por meio da SEMIURB - PMM tenha o pleno controle das conformidades necessárias em todas as etapas do descarte, pois a negligência e falta de fiscalização pode acarretar em problemas ambientais, financeiros e penais futuramente.

C. Alternativas para a realização de descarte adequado

O controle e estruturação do processo de descarte correto de todos os componentes das luminárias deve ser feito com bases bem definidas e de acordo com as definições da PNRS. Apesar de ainda não ser exigido oficialmente, a implementação de uma logística reversa no descarte das luminárias de LED apresenta aspectos que são vantajosos para o correto gerenciamento dos resíduos gerados. A SEMIURB - PMM pode atuar neste processo investigando os motivos que levaram à necessidade de substituição, a fim de mitigar problemas recorrentes de substituições em determinados pontos da cidade, pois em termos de manutenção, há a possibilidade de realizar testes em laboratórios nos equipamentos internos, ao se constatar um ponto de iluminação defeituoso, o que abre margem para a substituição ou reparação dos equipamentos internos defeituosos dessas luminárias, evitando uma troca dos corpos completos. Com isso, é possível a realização de manutenções corretivas e preventivas nos locais que ocorrem estes defeitos, reduzindo os custos com substituição de equipamentos.

Após a constatação de defeitos, deve haver o provimento de um ambiente adequado para o armazenamento destas unidades, para que, caso seja possível, elas permaneçam em condições adequadas para se realizar as manutenções, ou ainda de serem coletadas para descarte de forma correta. Nesta etapa de armazenamento, é importante que haja o controle dos quantitativos e das localidades que ocorreram defeitos, sugere-se que seja adotada uma plataforma *online*, para minimizar os riscos de perdas de dados e informações durante as trocas de gestões da prefeitura. A adoção de uma plataforma também poderia ser utilizada para o acompanhamento dos processos de descarte, logo, a SEMIURB - PMM poderia exigir certificados e comprovantes sobre as etapas de coleta, transporte, acondicionamento e descarte dos resíduos, a partir dos quais, poderia se comprovar a conformidade nos processos.

As medidas acima visam o desenvolvimento de ações para a redução do descarte precoce dos materiais, pois ao se analisar as unidades defeituosas, podem ser aplicados filtros durante a fase de análise e aquisição das luminárias, de forma que sejam priorizadas as que atendam aos requisitos técnicos

mínimos e apresentarem menor potencial de agressão ao meio ambiente e à saúde humana. Também é visada a comprovação, através de documentos armazenados de forma segura e *online*, da fiscalização das etapas do descarte, que podem ser úteis para o controle interno da prefeitura, além de ser um método de atestar a conformidade e ser um meio de consulta para a população geral e agentes fiscalizadores, de modo a manter a transparência fiscal contra possíveis acusações judiciais e problemas ambientais.

V. CONCLUSÃO

Devido ao alto desempenho das lâmpadas de LED, que pode ser relacionado às características técnicas como o alto potencial de economia de energia elétrica, a maior vida útil, maior eficiência luminosa, e consequentemente um menor impacto ambiental causado, essa tecnologia tem se mostrado bastante vantajosa em relação às lâmpadas incandescentes e de vapores metálicos que até então dominam o mercado de iluminação pública no Brasil, de acordo com o último censo feito no Brasil, que foi exposto na Tabela 1.

Apesar da importância da atuação dos órgãos responsáveis através de programas que estimulam a instalação de lâmpadas de LED, em alternativa às outras tecnologias mais comumente empregadas, em diversos setores da economia, como na iluminação pública, deve-se atentar para que o descarte dessas lâmpadas e luminárias seja feito de forma responsável e em conformidade com as normas que direcionam todos os processos envolvidos no descarte, pois as luminárias de LED são compostas por materiais que são considerados tóxicos e que fazem com que estes resíduos sejam classificados como classe I – perigosos de acordo com a ABNT NBR 10004:2004.

Conforme supramencionado, na cidade de Mossoró, o emprego dessa tecnologia teve início em 2018 e a previsão é que sejam substituídos todos os cerca de 42.000 pontos de iluminação pública da cidade até o final do ano de 2023. Através da prospecção feita no estudo, pôde-se projetar um cenário em que até o ano de 2050, quase 52.000 luminárias somente de iluminação pública, deverão ser descartadas pelo município de Mossoró.

Diante dos cenários projetados, ficou visível que a utilização de LED's na iluminação pública, e ainda mais, a utilização de LED's com parâmetros de desempenho superiores ao mínimos estabelecidos, principalmente se tratando da vida útil das lâmpadas, impacta positivamente no volume de resíduos sólidos gerados a curto e longo prazo, o que, inevitavelmente, impacta também financeiramente no orçamento dos municípios, visto que a ciclicidade de descartes e novas aquisições têm periodicidade reduzida.

Apesar disso, com o emprego de tamanha quantidade de luminárias de LED em um curto espaço de tempo, presume-se que futuramente ainda haverá um descarte em massa dessas luminárias, e caso esta tecnologia se estabeleça no setor de iluminação pública, futuramente poderá haver uma ciclicidade desse descarte. Foi verificado que o descarte está sob responsabilidade da empresa fabricante das luminárias, que se localiza no município de São Paulo, o que reforça a necessidade de haver um plano de gestão, fiscalização e controle, por parte do município de Mossoró, de todos processos envolvidos no descarte desses resíduos com base nas normas e legislações vigentes, principalmente o PNRS.

Como sugestão para futuros trabalhos, recomenda-se avaliar o impacto da substituição de todas as luminárias de

iluminação pública da cidade de Mossoró no sistema elétrico local e nas despesas com energia elétrica do município, além dos impactos socioambientais da melhoria na qualidade da iluminação das vias públicas, assim como estudos comparativos com as despesas de manutenção do sistema de iluminação pública da cidade de Mossoró antes e após a finalização das substituições.

REFERÊNCIAS

- [1] ASCURRA, R. E. “Eficiência Elétrica em Iluminação Pública Utilizando Tecnologia LED: um Estudo de Caso.” Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá – MT. Set. 2013
- [2] ELETROBRAS. Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos da iluminação pública. Rio de Janeiro: Procel Reluz, 2020.
- [3] ELETROBRAS. “Resultados PROCEL 2021. Ano base 2020.” Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2021/>>. Acesso em: 27 out. 2018
- [4] ELETROBRAS. “Resultados PROCEL 2013. Ano base 2012.” Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2013/>>. Acesso em: 27 out. 2018
- [5] SILVA, L. F. da. “Iluminação Pública No Brasil: Aspectos Energéticos E Institucionais.” Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro-RJ. Mar. 2006.
- [6] MARTINS, J. O papel social da luz urbana. Ed. 69. Out., 2011. Disponível em: <http://www.osetoreletrico.com.br>. Acesso em: Out. 2021.
- [7] LOPES, L. “Projeto de iluminação pública ajuda Paraisópolis a combater pandemia.” Mar.2021. Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Tecnologia/noticia/2021/03/projeto-de-iluminacao-publica-ajuda-paraisopolis-combater-pandemia.html>. Acesso em: 27 Out. 2021.
- [8] WORLD BANK GROUP. “Iluminando Cidades Brasileiras: Modelos de Negócio para Eficiência Energética em Iluminação Pública.” Edição do Seminário, 01 jun. 2016
- [9] DAMBISKI, L. P. “APLICAÇÃO DO PROGRAMA NACIONAL DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA EFICIENTE (PROCEL-RELUZ)”. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR. Dez. 2007
- [10] JUNIOR, C. C. da V. P. “Manual de Iluminação Pública” Copel Distribuição. Fev. 2012. 39 pg.
- [11] ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. “Programa de Eficiência Energética”. 17 Nov. 2015. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica>. Acesso em: 27 Out. 2021.
- [12] ELETROBRAS. “Resultados PROCEL 2014. Ano base 2013.” Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2014/>>. Acesso em: 27 out. 2021
- [13] ROSITO, L. H. “Quatro Anos Da Portaria N° 20 Do Inmetro.” Publicado na revista O Setor Elétrico. Agosto de 2021. Disponível em: <<https://osetoreletrico.com.br/quatro-anos-da-portaria-no-20-do-inmetro/>>. Acesso em: 27 Out. 2011.
- [14] ELETROBRAS. “Resultados PROCEL 2006. Ano base 2005.” Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2005/>>. Acesso em: 27 out. 2021
- [15] ELETROBRAS. “Resultados PROCEL 2019. Ano base 2018.” Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2019/>>. Acesso em: 27 out. 2021
- [16] TORRICO, L. A. P. “A Importância Da Responsabilidade Compartilhada No Descarte E Acondicionamento Dos Resíduos Sólidos Da Iluminação Pública Do Município De Salvador.” Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Planejamento Ambiental da Universidade Católica de Salvador. Ago. 2018.
- [17] PREFEITURA DE MOSSORÓ. “Secretaria Municipal de Infraestrutura, Meio Ambiente, Urbanismo e Serviços Urbanos”. Disponível em: <<https://www.prefeiturademossoro.com.br/paginas/secretaria-municipal-de-infraestrutura-meio-ambiente-urbanismo-e-servicos-urbanos>>.
- [18] PREFEITURA DE MOSSORÓ. “Mossoró Iluminada”: Prefeitura instalou mais de 7 mil luminárias LED neste ano.” 05 Out. 2021. Disponível em: <https://www.prefeiturademossoro.com.br/noticia/mossoro-iluminada-prefeitura-instalou-mais-de-7-mil-luminarias-de-led-neste-ano>. Acesso em: 27 Out. 2021.
- [19] PREFEITURA DE MOSSORÓ. “Prefeitura instala mais de 102 lâmpadas de LED em comunidades rurais.” 25 Jul. 2021 Disponível em: <https://www.prefeiturademossoro.com.br/index.php/noticia/prefeitura-instala-mais-de-125-lampadas-de-led-em-comunidades-rurais>. Acesso em: 27 Out. 2021.
- [20] G-light. “Lamp. Sodio 70w 220v Oval E27 Leitosa”. Disponível em: <<https://www.glight.com.br/produto/793/lampadas-vapor-de-sodio/3151/lamp-sodio-70w-220v-oval-e27-leitosa>>. Acesso em: 06 Nov. 2021