

SISTEMA MÓVEL DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA EMERGENCIAL¹

MOBILE EMERGENCY PUBLIC LIGHTING SYSTEM

Camila Rubenich Cremonese², Miguel Antônio Pelizan³,
Taiane Rodrigues Elesbão³ e André César Tabarelli⁴

RESUMO

Neste estudo, contempla-se o desenvolvimento de um sistema de iluminação pública emergencial com o objetivo de disponibilizar para a população brasileira um equipamento que possa suprir a necessidade de iluminação em lugares públicos que estejam com falta de energia elétrica até que as condições normais de iluminação desses locais sejam restabelecidas. No referencial teórico, abordaram-se dados relacionados às principais dificuldades enfrentadas pelas pessoas durante os períodos de escuridão devido a problemas técnicos e/ou vandalismo; normas de iluminação pública; questões luminotécnicas e ergonômicas; o funcionamento de energias renováveis, bem como materiais e processos de produção. O método utilizado foi de Pahl e Beitz (2005), com inserção de Baxter (2000) na etapa do projeto conceitual. O resultado obtido foi um dispositivo de iluminação que funciona por baterias, carregadas por energia solar e eólica, que possui altura total de dois metros e meio. Esse equipamento poderá ser utilizado de duas maneiras: a parte superior, fixada em postes de vias públicas ou acoplada em uma base que permite diferentes níveis de altura.

Palavras-chave: conversor eólico, energia solar, equipamento, iluminação de emergência.

ABSTRACT

This study contemplates the development of an emergency public lighting system, with the objective to provide the Brazilian population an equipment that can meet the need for lighting in public places that lack electric energy until their normal lighting conditions are reestablished. The theoretical framework included data on the main difficulties faced by people during periods of darkness due to technical problems and / or vandalism; public lighting laws; lighting and ergonomic technical features; the functioning of renewable energies, as well as materials and production processes. The method used was developed by Pahl and Beitz (2005) with the insertion of Baxter (2000) in the conceptual design stage. The result was a lighting device, powered by batteries, charged by solar and wind energy, which has a total height of two and a half meters. This equipment can be used in two ways: the upper part, fixed on public utility poles; or coupled on a base that allows different levels of height.

Keywords: wind power, solar energy, equipment, emergency lights.

¹ Trabalho Final de Graduação - TFG.

² Acadêmica do curso de Design - Centro Universitário Franciscano. E-mail: camilarcremo@gmail.com

³ Colaboradores - Centro Universitário Franciscano. E-mail: pelizan@ufn.edu.br; taianeelesbao@gmail.com

⁴ Orientador - Centro Universitário Franciscano. E-mail: andretabarelli@gmail.com

INTRODUÇÃO

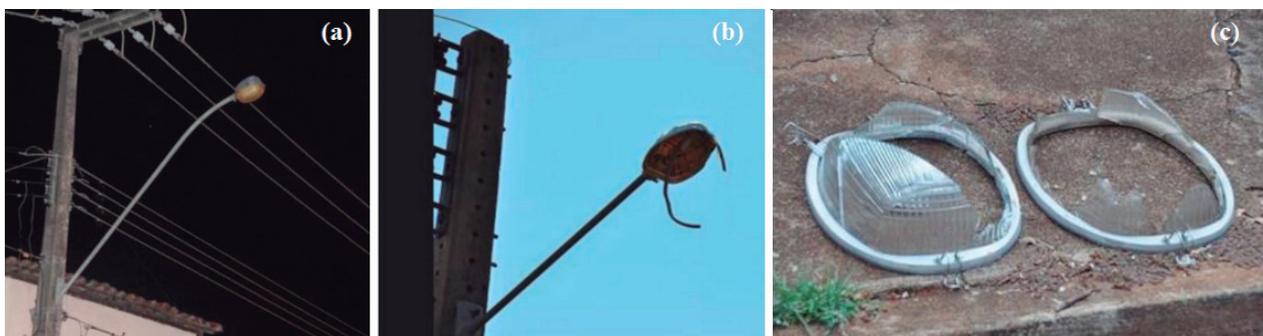
Quando Thomas Edison, ao final do século XIX, inventou a lâmpada incandescente, iniciaram-se os aperfeiçoamentos para o tipo de iluminação que existe atualmente.

Tantos anos após o invento, casas e ruas fazem o uso da iluminação de maneira natural, principalmente em relação à iluminação pública, que serve justamente para facilitar o trânsito de carros e pessoas pelos locais públicos de modo a prevalecer uma boa visualização do ambiente. Em maio de 2012, foi divulgada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) uma pesquisa indicando que “[...] a iluminação pública foi a característica de infraestrutura urbana mais presente no Censo 2010, atingindo 96,3% dos domicílios no País” (PORTAL DO BRASIL, 2012).

E, tratando-se de iluminação pública, a sua existência é geralmente percebida quando há irregularidades em sua finalidade, prevalecendo como consequência a escuridão em ruas e praças. Com isso, evidencia-se a dependência do ser humano dessa tecnologia. Nesse sentido, Guerrini (2008) afirma que a iluminação pública é essencial para garantir, não apenas a segurança do tráfego de pedestres e de carros, mas também o conforto das pessoas. Esse serviço, gerenciado pelos órgãos públicos, é fundamental para que a qualidade de vida dos usuários seja promovida, já que esse é um dever para com todo cidadão brasileiro e também por ser importante que todos os serviços oferecidos pelo poder público estejam em perfeito funcionamento, principalmente devido aos altos impostos arrecadados.

Porém problemas como defeitos nas luminárias (Figura 1a) e violações de propriedade pública (Figuras 1b e 1c) são frequentes na iluminação pública brasileira, o que resulta na privação de um direito básico de todos os brasileiros que trafegam em locais públicos durante a noite.

Figura 1 - Luz apagada em poste na Avenida Visconde de Maracaju, zona norte de Aracaju-SE (a), Lâmpadas depredadas, ato de vandalismo em Ibiaporã-PR (b) e consequência do vandalismo (c).



Fonte: Jornal do Dia (2014) e O Diário (2014).

Quando se trata da iluminação pública de uma cidade ou região, é imprescindível que ela esteja sempre em perfeitas condições de funcionamento, não só por uma questão de conforto, mas também, e principalmente, por uma questão de segurança dos habitantes locais.

No momento em que ocorrem falhas, há a necessidade de munir a população de um dispositivo que proporcione auxílio imediato durante o período de manutenção para que ela não fique desprovida de um sistema de iluminação, uma vez que esse recurso é imprescindível para que se possa transitar pelas ruas e parques com mais segurança e sem medo do que não se pode ver. Além disso, o cidadão tem o direito de usufruir de um serviço público em perfeitas condições.

Os projetos referentes à iluminação focam, cada vez mais, no uso da tecnologia LED (*Light Emitting Diode*), seja para a iluminação interna seja para a externa, pois essa tecnologia já se mostrou eficaz pela durabilidade e eficiência. Segundo o jornal *The New York Times* (2014), a capital da Dinamarca possuía em alguns locais o uso dessa tecnologia, não apenas em postes públicos projetados para iluminar o local de acordo com o movimento, mas também o uso dessa iluminação embutida em ciclovias para orientação de ciclistas para evitar semáforos vermelhos. Segundo o jornal, em três anos, muitas cidades, em diferentes partes do mundo, iriam substituir 50 milhões de equipamentos antigos por LED, visando seu aproveitamento máximo.

Em agosto de 2015, o Congresso Nacional de Excelência em Gestão, cujo tema era centralizado em projetos organizacionais relacionados à sustentabilidade, apresentou uma pesquisa (MOURA et al., 2015) que analisava projetos de iluminação e o uso dessa tecnologia em ambientes de trabalho. O resultado confirmou que o uso da iluminação LED em conjunto com a tecnologia convencional é eficiente tanto na questão energética quanto no que se refere ao conforto visual para as atividades do cotidiano.

Sendo assim, no presente estudo, visou-se ao desenvolvimento de um sistema de iluminação pública móvel com uso de iluminação LED para uso em casos de emergência.

REFERENCIAL TEÓRICO

Abordaram-se diversos assuntos a fim de embasar o desenvolvimento do produto tanto em aspectos normativos quanto ergonômicos, assim como para escolha dos elementos que o compõem, de modo a fazer uso de diferentes tecnologias, principalmente em relação à geração de energia. Também foram coletados exemplos e relatos de pessoas que passaram por algumas situações difíceis devido à falta de iluminação pública, a fim de ratificar a real necessidade desse projeto e para que ele se tornasse uma opção viável frente a semelhantes ocorrências futuras.

ILUMINAÇÃO PÚBLICA NO BRASIL E PROBLEMAS RELACIONADOS A ELA

Atualmente, no Brasil, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é o órgão que rege os conceitos e estabelece as gerais condições em relação ao fornecimento de energia elétrica destinada à iluminação pública no país.

Conceitua-se iluminação pública como o “serviço público que tem por objetivo exclusivo prover de claridade os logradouros públicos, de forma periódica, contínua ou eventual” (Redação dada pela REN ANEEL 418, 2010). Sendo também, segundo a agência, de responsabilidade exclusiva da pessoa jurídica de direito público o pagamento das contas e demais obrigações legais relacionadas a esse tipo de iluminação, como os serviços de sua implantação e o projeto de instalações. Sendo assim, é de responsabilidade do poder público, seja por meio de autorizações, seja por meio de concessões de empresas, a distribuição de iluminação em lugares de circulação pública, como ruas, praças, avenidas e túneis, e os necessários consertos e manutenção devido a falhas técnicas ou problemas relacionados a vandalismo e desastres naturais.

Quando se trata de iluminação pública, há diversas normas que devem ser seguidas a fim de fornecer à população o melhor resultado. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e suas NBRs (Normas Regulamentadoras) descrevem algumas obrigatoriedades, como os materiais mais propícios a serem utilizados em cada componente dos postes, distância que eles devem estar uns dos outros para uma iluminação mais eficiente e cuidados que devem ser levados em consideração quanto ao tipo de luminária mais adequado para preservar a visão ocular do usuário.

Martins (2011) faz uma análise entre a relação do aumento dos pontos de iluminação pública brasileira (15 milhões atualmente) e a necessidade de renovação (9.5 milhões) e novas instalações (3 milhões) desses pontos, indicando que a história da iluminação deve ser reescrita diariamente, pois as manutenções não se limitam a uma questão estética da cidade, mas são fundamentais para a segurança da população. Porém, apesar de tantas normas guiando o poder público em relação à iluminação pública brasileira, existem inúmeros problemas nessa área, que vão desde falhas técnicas (por falta de manutenções) até vandalismo (roubo de fios e lâmpadas). No quadro 1, constam alguns relatos coletados do jornal *online* G1 de pessoas que se encontraram em situações de falta/falhas na iluminação pública noturna.

Independentemente do local e da região do problema, o sentimento de medo e perigo com que essas pessoas se deparam ao transitar por esses trechos mal iluminados é semelhante. Ou seja, uma vez que há falhas - devido à falta de mão de obra ou falta de recursos financeiros e até mesmo demora devido a licitações - há uma necessidade a ser suprida. Por isso, é importante fornecer à população opções que resultem em soluções temporárias para guarnecer essas pessoas de um sistema que facilite sua rotina noturna.

Quadro 1 - Reclamações relacionadas à iluminação pública, retiradas de reportagens realizadas pelo jornal *online* G1 - portal de notícias da Globo.

Estado	Reclamações	Data
São Paulo	«Minha filha, por exemplo, descia da van na esquina e agora a van para na frente de casa porque a gente tem medo de ela andar esse percurso, às 23h, sozinha» - Solange Alves (G1 São Carlos e Araraquara). “A gente liga no almoxarifado da Prefeitura, que agora é responsável por isso, e, além de escutar que não têm equipamento, que não têm mão de obra, temos que esperar a licitação ser aberta. Só que não tem prazo e que tenho que ficar no escuro até a Prefeitura resolver” - Tânia Chaves (G1, São Carlos e Araraquara). “Tem os jovens que trabalham à noite ou estudam. A minha filha, às vezes, quer ir à sorveteria e tenho medo porque é muito escuro” - Ilzi Cardoso (G1, São Carlos e Araraquara).	Abr. 2015
Minas Gerais	«A gente fica até com medo de sentar na pracinha» - depoimento de morador aposentado (G1, Sul de Minas). “Prejudica o trabalho, tem [muitos rapazes] vendendo drogas escondido, fica no escuro. Fica mais complicado [achar o suspeito do assalto]” - Policial Tiago Sá (G1, Sul de Minas). “Depois que passou para o município, ficou precário. Eles falam que vão contratar uma firma, e não contrata ninguém. Estamos ficando no escuro” - Marcos Antonio de Souza (G1, Sul de Minas).	Mar. 2016
Tocantins	“É muito ruim porque tem gente que estuda à noite e chega no escuro. Quem é mãe tem que ir buscar as crianças porque ficam com medo. Quando chove, além da lama, a gente não enxerga nada” - Vanusa Pinto Dias (G1, TO). «Eu liguei várias vezes e eles disseram que vinham. Vieram, trocaram, mas queimou de novo e não vieram mais. A gente fica aqui no escuro correndo risco” - Isaura Rodrigues (G1,TO).	Fev. 2017

Fonte: G1 (2015), G1 (2016) e G1 (2017).

FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS E ARMAZENAMENTO

Segundo a Associação de Energias Renováveis de Portugal (APREN, 2017), energias renováveis são “recursos naturais, capazes de se regenerarem num curto espaço de tempo e de modo sustentável”. Entre elas estão a energia geotérmica, que provém do calor da terra; energia da biomassa; das ondas e marés; do sol; da água e do vento. Neste trabalho, optou-se pela abordagem da energia eólica e da energia solar, que são fontes de energia renováveis possíveis de serem utilizadas no produto, e do armazenamento dessas energias.

Segundo Palz (1981), para a energia eólica ser convertida em energia útil, há dois sistemas diferentes, o de produção mecânica (moinhos de ventos) e o uso de aerogerador para produção de eletricidade. A energia que é gerada pelos aerogeradores ocorre pela movimentação das hélices devido à corrente de ar, que provoca um movimento rotacional mecânico. Em seguida, o motor, conectado ao eixo da hélice, converte esse movimento em energia elétrica. Essa energia é transportada por meio de cabos em direção ao controlador de carga e, por fim, à bateria, onde é armazenada a energia gerada para posteriormente ser utilizada.

Quanto à geração de energia solar, para a conversão da radiação do sol em energia elétrica útil, há duas técnicas básicas que Palz (1981, p. 165) classifica como “conversão de radiação em calor e,

posteriormente, em eletricidade, num processo termodinâmico” e “conversão direta por transferência de energia radiante aos elétrons de um sólido”. A primeira técnica é restrita a climas quentes e ensolarados, e a segunda opera em temperatura ambiente e se adapta à utilização solar em climas mais frios.

Já o sistema de fotocélulas pode ser de silício, sulfeto de cádmio e arsenieto de gálio. Segundo Zilles (2012), grande parte das células solares que estão no mercado tem o silício como material base, devido não só ao aperfeiçoamento da tecnologia dele pela microeletrônica, mas também pela abundância desse material na natureza, podendo ser usado na forma de monocristais, multicristais e amorfa. Ainda segundo o autor (2012), o processo de produção de energia inicia-se com a exposição do semicondutor (silício) à luz solar, quebrando o estado de equilíbrio dos seus elétrons. Esse desequilíbrio nas correntes de junção ocorre ao serem atingidas por fótons, com energia suficiente para liberação dos elétrons da camada de valência. Conseqüentemente, estabelece-se uma diferença de potencial, o efeito fotovoltaico. A conexão da junção a terminais metálicos e estes, por sua vez, a um condutor, estabelece uma corrente elétrica chamada de fotocorrente, que gera a energia elétrica.

Uma vez definida a geração de energia do dispositivo por essas duas fontes de energia, houve a necessidade de determinar o sistema de armazenamento. Os armazenadores são definidos por Rosa (2015) pela possibilidade de recuperação de parte da energia transferida a eles. Segundo o autor, para todas as modalidades de energia que se possa pensar, existe uma maneira de armazenamento. Nesse caso, o armazenador escolhido constou de duas baterias: uma com tecnologia AGM (Absorbed Glass Mat), eletrólito absorvido em manta de microfibras de vidro, regulada com válvula, e outra de chumbo-ácido. Essa combinação possibilitou a utilização delas por mais de seis horas autônomas.

DESIGN E SEMIÓTICA APLICADA AO PRODUTO

Para Schneider (2010), a palavra design é utilizada, hoje, como uma espécie de “coringa”, pois ela é usada em diversas situações e com muitos significados, que são ampliados cada vez mais, de forma quase ilimitada. Mas, ao analisar o contexto do conceito histórico da palavra, é possível tentar orientar uma definição:

Design é a visualização criativa e sistemática dos processos de interação e das mensagens de diferentes atores sociais; é a visualização criativa e sistemática das diferentes funções de objetos de uso e suas adequações às necessidades dos usuários ou aos efeitos sobre os receptores (SCHNEIDER, 2010, p. 197).

Em outras palavras, o designer deve sempre suprir uma necessidade, e deve fazer isso de forma inteligente, gerando, muitas vezes, novas ideias e conceitos durante o processo, pois a inovação é essencial. Seus trabalhos devem ser resultado da interação do processo lógico com questões técnicas, econômicas e estéticas (DIAS; LAGE, 2002). Durante o desenvolvimento do produto, ocorreram definições de características estéticas, funcionais e simbólicas.

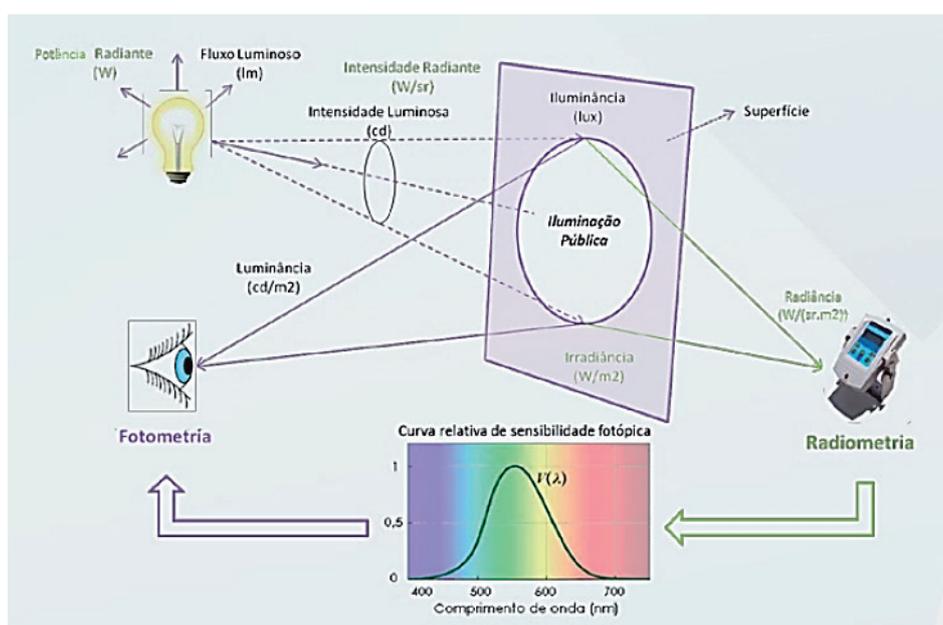
Apesar de Löbach (2001) dividir qualquer produto a ser desenvolvido em três funções básicas, no caso do dispositivo móvel, a função prática é prevacente, pois é ela que guia a simbologia que ele traduz ao usuário, isto é, a função de iluminar significa ao usuário muito mais do que apenas luz, é, de certa forma, um apoio emocional à angústia do descaso. A sensação de segurança se encontra, não somente no mundo físico, mas principalmente no âmbito simbólico (psicológico), de modo a apaziguar o receio e medo da população que transita por locais com precariedade na iluminação pública. Ao mesmo tempo, a função estética foi analisada e aplicada de modo que a percepção sensorial do usuário ao produto reforce a tradução desses sentimentos relacionados ao resguardo.

ERGONOMIA E A RELAÇÃO ENTRE OS TIPOS DE ILUMINAÇÃO

O projeto foi guiado por fatores ergonômicos básicos definidos por Gomes Filho (2003), que prioriza a aplicação de requisitos ligados principalmente à segurança, tanto de manejo do dispositivo quanto do uso de materiais propícios. O autor também define características em relação ao arranjo espacial do produto, que, no caso do dispositivo, estão relacionados à percepção visual que o usuário terá em relação a ele. Essa percepção está associada a dois principais aspectos: o tipo de lâmpada a ser utilizada e o nível de iluminância (unidade em lux) exigido para o local em que o dispositivo será instalado.

Nesse contexto, é importante diferenciar a radiometria da fotometria na luminotecnia (Figura 2). Segundo o manual de energia divulgado em 2016 pela EDP (Energias de Portugal), a primeira está relacionada com a radiação do espectro eletromagnético que uma fonte emite, enquanto que a segunda refere-se à radiação visível (comumente chamada luz).

Figura 2 - Relação entre a radiometria e fotometria.



Fonte: EDP (2016, p. 15).

A capacidade de emissão de fluxo luminoso (dado em lumens) depende de cada lâmpada, porém o funcionamento, em sua forma mais simples, é por meio da transformação da energia elétrica em energia luminosa, que tem seu rendimento específico em lumens por watt. A norma brasileira que dita os níveis de iluminância relacionados à iluminação de vias e parques públicos é a NBR-5101, usada como referência para determinar algumas características das lâmpadas que foram utilizadas, como o nível de iluminância média mínima adequada para o projeto: de 30 lx.

A cor da lâmpada também foi avaliada a fim de oferecer uma maior acuidade visual (reconhecimento de dois pontos mais próximos) e um maior IRC (índice de restituição da cor - capacidade da fonte de luz reproduzir as cores), diminuir o tempo de resposta, possibilitar um melhor reconhecimento facial e também proporcionar maior segurança às pessoas que transitam pelo local.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste estudo, foi utilizado o método de Pahl e Beitz (2005) composto pelas seguintes etapas: Planejamento e Análise do problema; Projeto Conceitual; Projeto Preliminar e Projeto Detalhado. Ferramentas sugeridas por Baxter (2000) foram utilizadas na etapa do projeto conceitual.

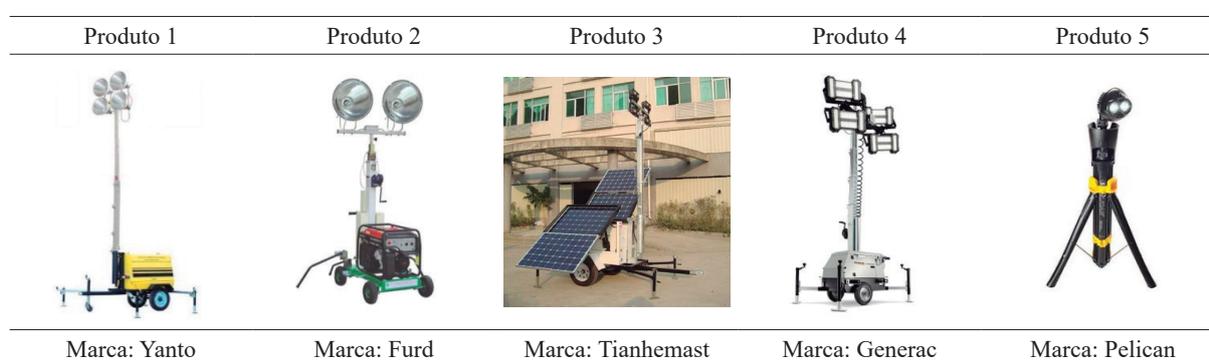
Na etapa inicial, ocorreu o planejamento e a análise do problema com levantamentos de dados por meio de uma análise detalhada do mercado quanto aos tipos de materiais, energias utilizadas, estruturas e aspectos visuais dos produtos existentes a fim de estudar possíveis melhorias no projeto visado. Realizou-se, também, a aplicação de questionário a prováveis usuários do produto, com o objetivo de compreender as possíveis necessidades que ele deveria suprir. As perguntas foram elaboradas para o conhecimento de alguns aspectos essenciais, como o local em que as pessoas vivem, os problemas que elas enfrentam ou já enfrentaram e se elas acreditam que esse tipo de dispositivo poderia fazer alguma diferença em suas vidas. Com as respostas obtidas, foi realizada a qualificação das necessidades com o auxílio do diagrama de Mudge (para fazer o cruzamento das necessidades entre si, a fim de classificar o seu grau de importância). Os resultados das análises permitiram a construção do QFD (desdobramento da função qualidade) para transformar essas necessidades em requisitos do projeto. Na segunda etapa, elaborou-se uma matriz morfológica, em que se testaram diversos aspectos para cada parte do dispositivo (base, corpo, tipo de pás eólicas, formato da iluminação) que serviram de base para a geração de alternativas. E, em um terceiro momento, definiu-se a configuração do produto, para que a sua forma tivesse harmonia entre si, bem como a definição dos materiais a serem utilizados e suas principais dimensões, visando à resistência, durabilidade do produto e às características ergonômicas vigentes. Ao final, durante o projeto detalhado, foram definidos alguns dados técnicos do produto por meio de croquis, modelagem tridimensional, desenhos técnicos, renders e construção do modelo físico.

DESENVOLVIMENTO

Durante o levantamento de dados, foi realizado um estudo referente aos produtos que existem no mercado, similares e possíveis concorrentes do dispositivo idealizado a fim de ampliar o conhecimento em relação às tecnologias já utilizadas, identificar materiais, tipos de iluminação, dimensões e características gerais.

Neste estudo, a análise foi realizada em cinco produtos, como mostrado na figura 3, que possuem semelhanças técnicas e estruturais que podem vir a ser utilizadas no produto proposto.

Figura 3 - Produtos disponíveis no mercado analisados na fase de levantamento de dados segundo o método de Pahl e Beitz (2000).



Fonte: ALIBABA (2017a); ALIBABA (2017b); TIANHEMAST (2014); GENERAC (2017); BRIGHTGUY (2017).

De acordo com a figura 3, notou-se que os produtos foram produzidos, na maior parte, com materiais como alumínio e aço inoxidável em suas estruturas de sustentação, e o polímero é dominante nas peças de encaixes, travas e rodas. As alturas variam entre três e nove metros e proporcionam iluminações expressivas. Porém a maior parte dos produtos que existem no mercado e que visam proporcionar iluminação em locais mal iluminados ou sem nenhuma iluminação fazem uso de geradores para obtenção de energia, sendo o produto 3 (Figura 3) um dos poucos que utiliza fonte solar. Neste estudo, não foram encontrados produtos de iluminação móvel de grande escala que fizessem uso de fonte eólica como geradora de energia.

O uso de lâmpadas LEDs está presente em três dos cinco produtos selecionados. Durante a pesquisa, percebeu-se que há uma tendência pelo uso desse tipo de lâmpada nesses dispositivos, principalmente por elas proporcionarem maior economia e aproveitamento. Com isso, optou-se pelo o uso de lâmpadas LED no projeto.

Depois de avaliar os produtos existentes no mercado, foi necessário identificar, por meio de questionário, as necessidades dos clientes. O questionário via google *forms* (questionário online) continha 11 questões e foi respondido por 127 pessoas.

Constatou-se, por meio das respostas, que o sentimento dessas pessoas ao se depararem com situações de falha na iluminação pública dividia-se entre raiva pelo descaso público, medo

e leve desconforto, sendo o medo o sentimento predominante. Percebeu-se que mais de 98% das pessoas acreditam que a utilização de um dispositivo que pudesse oferecer uma solução temporária durante os períodos de falha e manutenção da iluminação seria interessante. Também se percebeu uma predominância (em torno de 87% das pessoas) na preferência pelo uso de lâmpadas com cores frias.

A partir disso, definiram-se diversas necessidades para serem aplicadas no QFD (desdobramento da função qualidade) e assim resultarem em requisitos para o projeto. No quadro 2, encontra-se a listagem das necessidades e seus requisitos.

Quadro 2 - Listagem das necessidades e requisitos do projeto.

Necessidades	Requisitos
Auxiliar durante períodos de falhas de energia.	Dispositivo que faça iluminação temporária (uso de lâmpadas).
Ter um bom design (em relação à estética).	Estrutura do equipamento com formas agradáveis.
Ser de manuseio intuitivo.	Mecanismos simples de manuseio e com boa sinalização.
Fazer uso de energias alternativas.	Uso de placas solares e/ou pás eólicas.
Transmitir sensação de segurança.	Temperatura de cor da luz que permita melhor acuidade visual.
Ser seguro de manusear.	Peças de proteção durante manuseio, e travas de segurança.
Dificultar o roubo por vândalos.	Uso de mecanismo de fixação.
Armazenamento de energia excedente.	Uso de bateria para armazenar energia das fontes renováveis.
Estrutura que resista a tempestades e ventos fortes.	Uso de material resistente.
Transporte fácil.	Uso de rodas ou esteira na estrutura.

Fonte: arquivo da autora (2017).

Os requisitos de projeto foram hierarquizados quanto a sua importância, segundo a ferramenta de QFD. Sendo elas: 1º) Temperatura de cor da luz que permita uma melhor acuidade visual; 2º) Dispositivo que faça iluminação temporária (uso de lâmpadas); 3º) Peças de proteção durante manuseio e travas de segurança; uso de placas solares e/ou pás eólicas; 4º) Uso de mecanismo de fixação; 5º) Uso de bateria para armazenar energia das fontes renováveis; 6º) Mecanismos simples de manuseio e com boa sinalização; 7º) Uso de material resistente; 8º) Adaptar tomadas e/ou antenas; 9º) Uso de rodas ou esteira na estrutura; 10º) Estrutura do equipamento com formas agradáveis.

Como resultado, percebeu-se que o uso de luzes adequadas, que possibilitem uma melhor acuidade visual, encontra-se em primeiro lugar, ou seja, é o requisito mais importante.

Na segunda parte do método proposto por Pahl e Beitz (2005), projeto conceitual, optou-se por fazer a elaboração dos painéis semânticos sugeridos por Baxter (2000). Para o autor, os painéis semânticos permitem indicar por meio de imagens algumas predefinições de características para o novo produto, para assim facilitar a definição conceitual do projeto.

A figura 4 refere-se ao painel que tem visual com imagens de produtos que possuem características semelhantes com o objeto proposto neste estudo, como cor, forma e texturas.

Figura 4 - Painel semântico do Tema Visual com referências morfológicas de cor, forma e textura de produtos com características semelhantes.

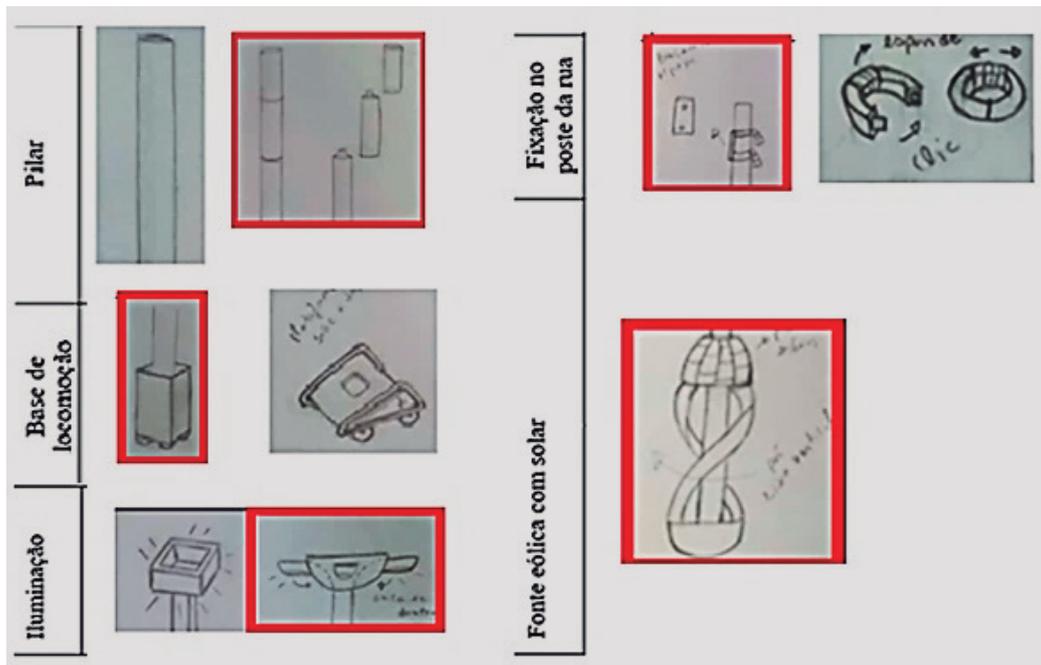


Fonte: arquivo da autora (2017).

Conforme visualizado na figura 4, o produto a ser desenvolvido será de material resistente, móvel e para iluminação, com opções de alturas diferentes para a estrutura principal e possibilidade de adaptação portátil. Cabe ressaltar que o novo produto é destinado a todos os brasileiros, principalmente para os que transitam pelas ruas durante a noite, a pé, de bicicleta e/ou que utilizam ônibus. Não há distinção quanto à cor, idade ou classe social, pois o dispositivo é público e poderá ser utilizado em prol da população brasileira em geral. Portanto, para desenvolver um sistema de iluminação pública emergencial, o produto deverá transmitir a sensação de segurança, oferecer amparo e proteção para os usuários de modo que eles se sintam menos receosos ao caminhar por locais com iluminação comprometida.

Após essas definições, gerou-se a matriz morfológica e analisou-se o melhor conjunto dos elementos que compõem o produto de modo a oferecer um dispositivo com maiores vantagens tanto de produção quanto de adaptação do conjunto como um todo. Neste estudo, a matriz morfológica (Figura 4) contempla esboços para um dispositivo que servirá de base para a estrutura de iluminação e referências formais para a estrutura de iluminação propriamente dita. A figura 5 apresenta brevemente alguns esboços e as estruturas selecionadas (em destaque).

Figura 5 - Resumo da matriz morfológica - estudo de um dispositivo para a estrutura de iluminação e referências formais para a estrutura de iluminação propriamente dita. Seleção em destaque.

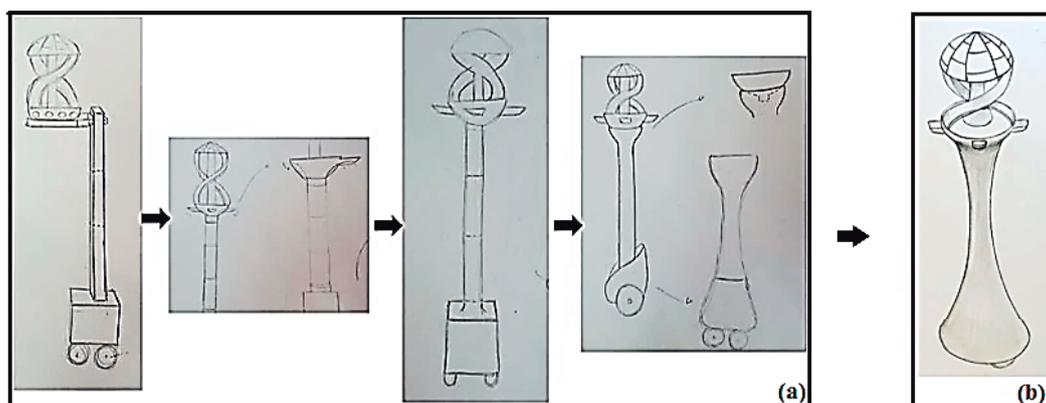


Fonte: arquivo da autora (2017).

A partir da matriz, foram selecionados: (I) Estrutura da base: desmontável - para obter diferentes níveis de altura, facilitar transporte e armazenamento; (II) Deslocamento: por meio de rodas para permitir fácil movimentação; (III) Lâmpadas retráteis: para facilitar o transporte e armazenamento; (IV) Fixação da estrutura superior nos postes das ruas por abraçadeiras, uma vez que ela pode ser utilizada de duas maneiras (fixada diretamente nos postes das ruas e fixada diretamente na base). Além disso, definiu-se que o sistema de trava para as rodas fosse feito por um pedal com material antiderrapante.

Apesar da definição dos elementos, houve uma evolução de formas (Figura 6a) até a seleção final do produto (Figura 6b). A definição de aspectos técnicos ocorreu com auxílio do croqui a fim de realizar a modelagem.

Figura 6 - Evolução da matriz morfológica. Esquema para definir a forma final do produto e sketch.

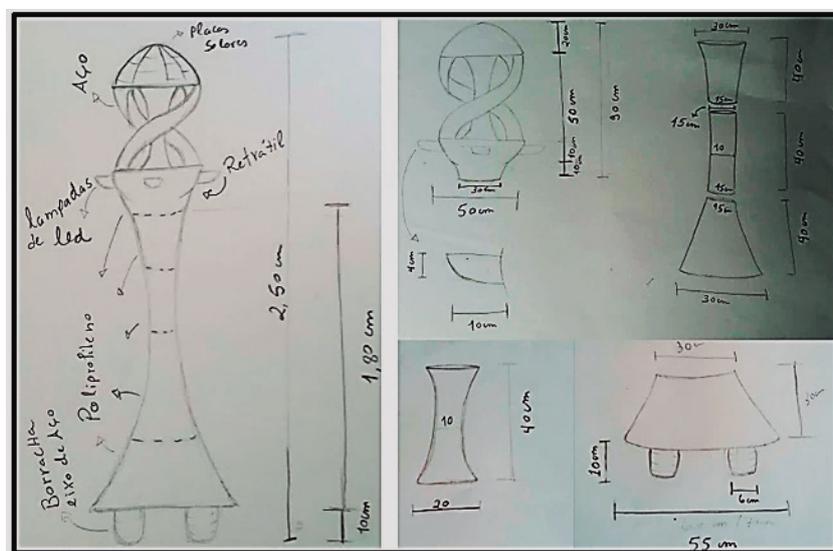


Fonte: arquivo da autora (2017).

Na Figura 6b, pode-se observar como ficou o produto a partir das alternativas escolhidas (mecanismo de encaixe para o poste, iluminação com lâmpadas retráteis, locomoção por rodas), assim como sua apresentação final derivada das modificações das formas a fim de manter uma concordância estética do dispositivo como um todo.

A seguir (Figura 7), foram selecionadas algumas medidas gerais do dispositivo como um todo, assim como a indicação dos materiais que se pretende utilizar. Cabe ressaltar que algumas peças do dispositivo foram selecionadas (os tipos de rolamentos, alternador e baterias) de acordo com produtos existentes no mercado a fim de facilitar a produção, e algumas características foram alteradas durante modelagem (quantidade de pás eólicas, por exemplo).

Figura 7 - Produto selecionado para a concepção da modelagem tridimensional e modelo físico. Croqui com medidas gerais e indicação de materiais.

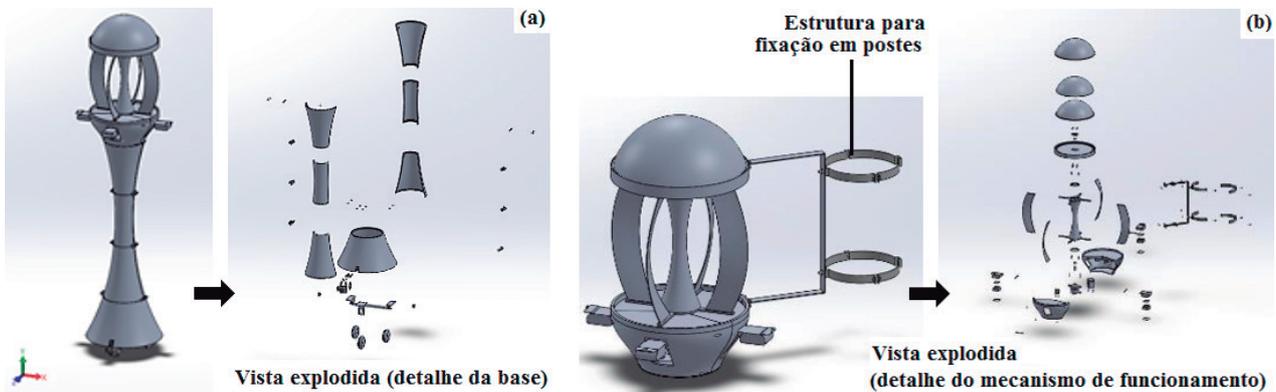


Fonte: arquivo da autora (2017).

Observa-se que a estrutura ficou com aproximadamente dois metros e meio de altura total. O tipo de mecanismo utilizado na captação de energia eólica é o de eixo vertical, e os materiais da estrutura externa são: o polímero Polipropileno (PP), “[...] resina da baixa densidade que oferece um bom equilíbrio de propriedades térmicas, químicas e elétricas, acompanhadas de resistência moderada [...]” (ALBUQUERQUE, 2000, p. 92), e que não é afetado pela maioria dos agentes químicos orgânicos. Esse material foi definido para a maior parte da estrutura, como as paredes do dispositivo, e o processo de fabricação dos elementos que compõem a base e o corpo é a rotomoldagem, específica para peças que devem suportar as intempéries do ambiente externo. Foram utilizados os seguintes materiais: borracha nas rodas e eixos (para firmar rotações); aço, liga metálica ferrosa (ferro-carbono - com porcentagem menor que 2%) nas rodas e pás eólicas (por meio de cortes em placas lisas, em seguida moldadas em curvas com uso de força e rolamentos); lâmpadas LED e placas solares, produtos já comercializados no mercado.

Com o projeto preliminar concluído, seguiu-se para a fase do detalhamento, que consiste na modelagem tridimensional no software SolidWorks (Figura 8), seguido do render das peças no software Studio 3DMax com a finalidade de verificar os encaixes e simular o material e o acabamento.

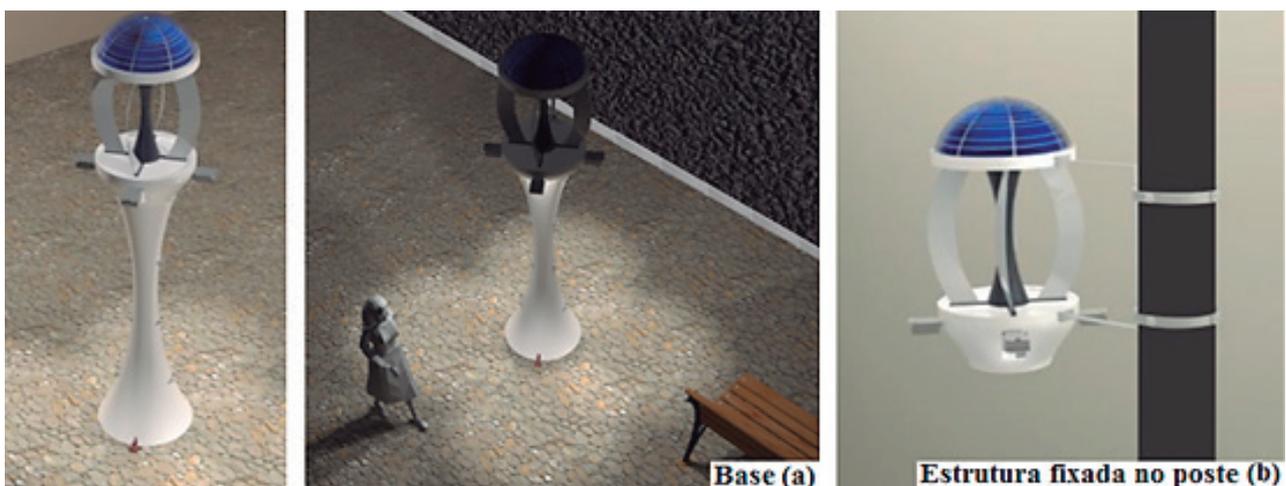
Figura 8 - Modelagem tridimensional no software SolidWorks com detalhes em vista explodida da base (a) e mecanismo de funcionamento (b) do sistema de iluminação pública emergencial.



Fonte: arquivo da autora (2017).

No render a seguir, mostra-se o dispositivo dividido em duas partes principais, parte superior (onde se encontram todas as peças fundamentais do dispositivo: sistema eólico e solar; baterias, alternador e placa eletrônica) e a sua base. Assim, pode ser usado de duas maneiras (diretamente na base - Figura 9a) ou na estrutura superior, fixado nos postes (Figura 9b).

Figura 9 - Render ou imagem virtual do produto final e sua ambientação em local público (a), imagem virtual da estrutura superior do dispositivo fixada no poste (b), desenvolvidos no software Studio 3DMax.



Fonte: arquivo da autora (2017).

Cabe ressaltar que a altura total do dispositivo é de dois metros e meio, podendo ter alterações com a retirada e colocação de paredes na base (Figura 10).

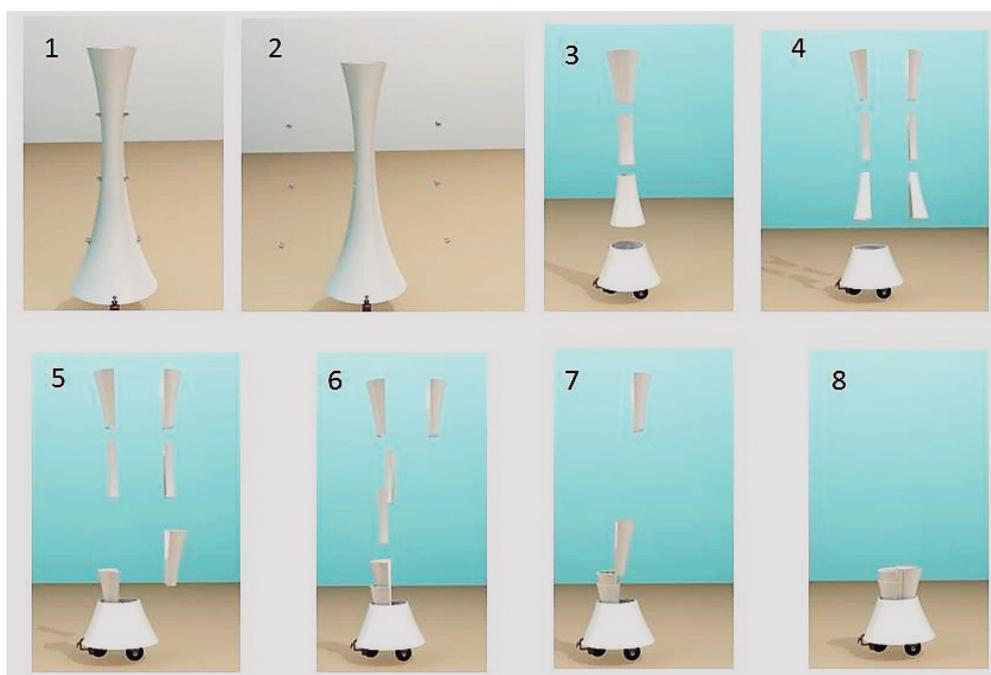
Figura 10 - Render do produto final, desenvolvido no software Studio 3DMax.
Sequência de retirada de bases para novo nível de altura.



Fonte: arquivo da autora (2017).

No âmbito ergonômico, a norma NBR5101 foi a base para a escolha da combinação do tipo de bateria e de lâmpadas a serem utilizadas a fim de oferecer um fluxo luminoso mínimo adequado. O armazenamento da base (Figura 11) é simples e fornece ao usuário possibilidade de armazenamento compacto.

Figura 11 - Render do produto final, desenvolvido no software Studio 3DMax.
Sequência do armazenamento da base.



Fonte: arquivo da autora (2017).

Ao final do projeto detalhado, fez-se a construção do modelo físico com medidas em escala de 1:5 (Figura 12) com a finalidade de validar a forma desejada neste estudo. A base do produto possui uma estrutura torneada em Nylon. Também se usou para as lâmpadas e rodas peças em MDF e peças que foram impressas, como as pás eólicas. Para a simulação das placas solares, usou-se papel azul aveludado, e a estrutura de acrílico foi adaptada de um produto já existente.

Figura 12 - Etapas da produção do modelo físico em escala 1:5.
Construção de componentes (a) e produto final (b).



Fonte: arquivo da autora (2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer do estudo, efetivou-se a real necessidade deste projeto, pois foram encontrados diversos dados relacionados às dificuldades (físicas e psicológicas) enfrentadas pela população brasileira em situações de falta e falhas na iluminação pública.

Para sanar os problemas de iluminação, procurou-se adequar o produto às normas vigentes para dispositivos de iluminação móvel. No âmbito ergonômico, a norma NBR5101 foi a base para a escolha da combinação do tipo de bateria e lâmpadas a serem utilizadas, a fim de oferecer um fluxo luminoso mínimo adequado. As características trazidas por Silva (2012), quanto às lâmpadas LEDs, foi essencial para a escolha dessa categoria de iluminação. Além disso, a decisão de emissão da cor branca foi fundamentada por Iida (1995), considerando a ampliação da acuidade visual.

As principais peças que compõem o dispositivo, como sistema eólico e solar, baterias e alternador e placa eletrônica, encontram-se na estrutura superior do produto, uma vez que o uso da base móvel é opcional. Teve-se o cuidado de selecionar modelos de baterias que possibilitassem a geração de uma iluminação contínua por mais de seis horas autônomas.

Quanto à seleção de materiais, estes foram avaliados visando às características físicas e químicas mais adequadas para o projeto. Para a estrutura principal (de sustentação do dispositivo), o material selecionado foi o polipropileno (PP), não apenas devido ao equilíbrio das suas propriedades descritas por Albuquerque (2000), mas também por ser um material relativamente mais barato comparado com os outros polímeros estudados. Também foram utilizadas peças comerciais para compor o projeto a fim de facilitar sua produção.

Considera-se que o produto idealizado segue as especificações técnicas impostas por normas vigentes relacionadas à iluminação. A forma segue a função, uma vez que é possível a instalação do

equipamento tanto anexo a postes quanto dispostos nas ruas. Para projetos futuros, percebeu-se a necessidade de redesenho do braço de sustentação para fixação em postes de via pública. Essa alteração apenas visa aprimorar a estética do elemento e não objetiva alterar sua funcionalidade e praticidade de uso.

Conclui-se que o levantamento de dados foi importante para definir aspectos e elementos técnicos adicionados ao novo produto e acredita-se que os requisitos de projeto foram cumpridos, bem como hierarquizados com auxílio da ferramenta de QFD.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Jorge Artur Cavalcanti. **Planeta plástico**: tudo o que você precisa saber sobre plásticos. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 2000.

ALIBABA. **Torre de Luz Móvel**. 2017a. Disponível em: <<https://bit.ly/2CCV3bt>>. Acesso em: maio 2017.

_____. **Iso Padrão Poste de Luz Móvel**. 2017b. Disponível em: <<https://bit.ly/2z1hAvf>>. Acesso em: maio 2017.

ANEEL. **Resolução Normativa nº 418, de 23 de novembro de 2010. Retifica a Resolução Normativa ANEEL nº 414, de 2010**. 2010. Disponível em: <<https://bit.ly/2O56n1Y>>. Acesso em: mar. 2017.

APREN. **Energias Renováveis**. 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/2As1ECV>>. Acesso em: mar. 2017.

BAXTER, Mike R. **Projeto de Produto**: guia prático para o design de novos produtos. Tradução Itiro Iida. 2. ed. rev. São Paulo: Blucher, 2000.

BRIGHTGUY. **Pelican ProGear**. 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/2O1HWTd>>. Acesso em: maio 2017.

DIAS, Suzana; LAGE, Alexandra. **Desígnio - Parte 2**: teoria do design 11º./12º. anos. Porto: Porto Editora, 2002.

EDP. **Manual de Iluminação Pública**. Portugal: EDP Distribuição, 2016. 92p.

G1. **Falta de Iluminação Pública Preocupa Moradores de Ibaté e São Carlos**. 2015. Disponível em: <<https://glo.bo/2z0kPD7>>. Acesso em: mar. 2017.

G1. **Um Ano Após Lei Cidades Enfrentam Problemas de Iluminação Pública**. 2016. Disponível em: <<https://glo.bo/2RcVXPX>>. Acesso em: mar. 2017.

G1. **Moradores Denunciam Falta de Iluminação Pública em Avenida**. 2017. Disponível em: <<https://glo.bo/2PhQ2vD>>. Acesso em: mar. 2017.

GENERAC. **Linktower**. 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/2JcOf5p>>. Acesso em: maio 2017.

GOMES FILHO, João. **Ergonomia do Objeto**: sistema técnico de leitura ergonômica. São Paulo, SP: Escrituras, 2003.

GUERRINI, Délio Pereira. **Iluminação**: teoria e projeto. 2. ed. São Paulo: Érica, 2008.

IIDA, Itiro. **Ergonomia**: Projeto e Produção. 2. ed. ver. ampl. São Paulo, SP: Edgard Blücher, 1995.

JORNAL DO DIA. **Iluminação Pública é Gerenciada pela Prefeitura**. 2014. Disponível em: <<https://bit.ly/2RdlN6y>>. Acesso em: jun. 2017.

LÖBACH, Bernd. **Design industrial**: bases para a configuração dos produtos industriais. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

MARTINS, Juliana. **O papel social da luz urbana**. Portal O Setor Elétrico. Edição 69, outubro de 2011. Disponível em: <<https://goo.gl/Esy8MC>>. Acesso em: mar. 2017.

MOURA, Mariangela; MOTTA, Ana; NOYA, Mauricio. **Considerações e Análises em Projetos de Iluminação utilizando a Tecnologia Led**. 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/WU6D94>>. Acesso em: ago. 2018.

O DIÁRIO. **Iluminação Pública de Ibirapora é alvo de vandalismo**. 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/Lzu3Q2>>. Acesso em: jun. 2017.

PAHL, Gerhard; BEITZ, Wolfgang. **Projeto na engenharia**: fundamentos, métodos e aplicações. São Paulo: Blucher, 2005.

PALZ, Wolfgang. **Energia Solar e Fontes Alternativas**. São Paulo: Hemus, 1981.

PORTAL DO BRASIL. **Mais de 90% dos domicílios contam com iluminação pública, mostra Censo 2010 do IBGE**. 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/a7hpwd>>. Acesso em: 09 mar. 2017.

ROSA, Aldo Vieira da. **Processos de energias renováveis**. Tradução: Paula Santos Diniz. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

SCHNEIDER, Beat. **Design - Uma Introdução: o design no contexto social, cultural e econômico**. São Paulo: Edgard Blücher, 2010.

SILVA, Mauri Luiz da. **LED: a luz dos novos projetos**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda., 2012.

THE NEW YORK TIMES. **Copenhagen Lighting The Way To Greener, More Efficient Cities**. 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/jkL7xU>>. Acesso em: ago. 2018.

TIANHEMAST. **Solar Light Tower**. 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/s9hk8v>>. Acesso em: maio 2017.

ZILLES, Roberto et al. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica**. São Paulo: Oficina de textos, 2012.

