

COMUNICAÇÕES

Impactos e Benefícios da Introdução da Tecnologia de LED nos Sistemas de Iluminação de Pista da FAB

Lindemberg Chaves Soares, AL CFOE COM

Everton Nunes, AL CFOE COM

Coordenador: **Silas** Martins da Costa, MAJ QOE COM

Orientador Técnico:

Arthur Fernandes Silva - 2º TEN QOE COM

Orientador Metodológico:

Roberto Campos **Frossard** - 2º Sgt QSS-BET

Grau de Sigilo: Ostensivo.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é verificar a viabilidade da inserção da tecnologia de Lâmpadas LED nos sistemas de balizamento de pistas de pouso e decolagem, em substituição às lâmpadas incandescentes hoje utilizadas nos Aeródromos da Força Aérea Brasileira – FAB. Para isso, descreve-se o histórico desta nova tecnologia proposta, Light Emitter Diode - LED, definindo o que venha a ser uma lâmpada LED e seu funcionamento, desde sua concepção ao seu emprego.

Sequencialmente, são descritas as principais características de funcionamento e os fatores que influenciam na vida útil de lâmpadas LED, relacionando-as com as características da obsoleta incandescente. Apresenta-se, ainda, a delimitação dos impactos no fator de potência e na qualidade de energia drenada da fonte de alimentação, além de se verificar a viabilidade de integração eficiente da tecnologia LED ao sistema em operação.

Um paralelo é traçado com a migração de tecnologia já iniciada pela INFRAERO, tomando-se como exemplo o Aeroporto de Uruguaiana – RS. Analisam-se, nesta perspectiva, os métodos de conversão aplicados pela empresa ADB Solutions, contextualizando com a tendência mundial adotada pelo segmento.

Por fim, conclui-se que é viável a inserção da tecnologia de lâmpadas LED nos sistemas de balizamento de pista de pouso e decolagem nos aeródromos da Força Aérea Brasileira.

Palavras-chave: Força Aérea Brasileira. CIAAR. CFOE. Comunicações Aeronáuticas. Tecnologias de LED, pistas de pouso e decolagem.

1 INTRODUÇÃO

No cenário atual, muito se fala em economia de energia e contribuições para o desenvolvimento sustentável. Nesse contexto, a tecnologia que trouxe melhor custo benefício é a que utiliza o LED (Light Emitting Diode) ou Diodo Emissor de Luz, em português. Segundo Viana (2012), esse dispositivo nada mais é do que um componente de estado sólido semicondutor que trouxe como principal benefício a economia de energia elétrica.

Na FAB, as Bases Aéreas utilizam luzes de pista para auxiliarem os pousos nos períodos noturnos e em condições de mau tempo. Contudo, as lâmpadas usadas na maioria dos aeródromos são incandescentes, constituídas de filamentos que, por diversos fatores, fazem com que o consumo de energia seja maior em comparação com outras tecnologias e ainda provoca desequilíbrio de carga, pois trata-se de uma carga indutiva, o que sobrecarrega os bancos de capacitores ao tentar manter o fator de potência dentro do pré-estabelecido por norma. Daí a proposta de substituição desta tecnologia já obsoleta e dispendiosa por uma que poderá trazer benefícios econômicos para a Instituição.

Além da economia de energia, podemos citar outros benefícios que a tecnologia LED pode garantir, como: maior tempo de vida útil; baixa geração de calor; ausência de emissão de luz ultravioleta e infravermelha; menor impacto ao meio ambiente; luxo luminoso; sem risco de contato direto; facilidade de integração com o sistema; melhoria direta do fator de potência e equilíbrio de carga.

1.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Verificar a viabilidade de inserção da tecnologia de lâmpadas LED nos sistemas de balizamento de pistas de pouso e decolagem nos aeródromos da FAB.

1.1.1 Objetivos Específicos

- a) Buscar a descrição do histórico desta nova tecnologia proposta.
- b) Definir o que é uma lâmpada LED e verificar as principais características de funcionamento e os fatores que influenciam na vida útil de lâmpadas LED.
- c) Delimitar os impactos no fator de potência e na qualidade de energia drenada da fonte de alimentação.
- d) Verificar a viabilidade de integração eficiente da tecnologia LED ao sistema em operação

Com isso, baseado no objetivo geral e nos objetivos específicos apresentados, serão estudadas as possíveis vantagens e impactos da substituição do sistema de iluminação em uso, tecnologia obsoleta, segundo Brasil (2014), por sistemas baseados na tecnologia de LED.

1.2 JUSTIFICATIVA

O sistema de iluminação de pista de pouso e decolagem dos aeródromos da FAB, hoje obsoleto, apesar de suprir as necessidades operacionais, não mais atende aos requisitos de consumo de energia, tampouco o que se relaciona à questão da sustentabilidade. Esse sistema é imprescindível para a proteção e segurança de voo, pois se trata de auxílios luminosos que permitem ao piloto realizar pousos e decolagens com alto grau de confiabilidade.

Comparando-se os sistemas de iluminação da FAB e da INFRAERO, percebe-se que hoje as Bases Aéreas utilizam sistemas considerados arcaicos, comparados aos sistemas de iluminação de pista oferecidos por aeroportos administrados pela INFRAERO, os quais já contam com diversos aeroportos que utilizam a tecnologia LED. Mas o grande diferencial desta modernização são os benefícios trazidos para as instituições tais como: economia de energia e sustentabilidade.

A primeira experiência com a nova tecnologia foi iniciada há cinco anos, pela área de Manutenção da Infraero, com a instalação de cinco luminárias a LED no Aeroporto Internacional de Guarulhos/Governador André Franco Montoro (SP), no balizamento das pistas de taxiamento. Em seguida, outras cem lâmpadas foram instaladas no Aeroporto Internacional de Porto Alegre/Salgado Filho (RS).

Atualmente, todas as pistas de taxiamento dos aeroportos das regionais Sul e Norte da Infraero contam com esse sistema.

Hoje a INFRAERO está substituindo as lâmpadas de balizamento dos sistemas de pistas por lâmpadas a LED em diversos aeroportos por ela administrados, com um maciço investimento a partir do qual acredita obter retorno em curto prazo.

1.3 METODOLOGIA

Esta pesquisa, conforme proposto por Gil (2002), é do tipo descritivo e objetiva familiarizar o leitor com os impactos do emprego de uma nova tecnologia que vem sendo empregada em sistemas com os quais também operamos em nossas Bases Aéreas, especificamente em nossas pistas de pouso.

Foram adotadas, como procedimentos técnicos, pesquisas bibliográficas, sendo desenvolvida uma estrutura de argumentos lógicos, referenciados (remissivos ou informativos) em materiais já elaborados, como livros e artigos científicos.

Com a visão de complementar as pesquisas bibliográficas e transcender o escrito, considerando a impossibilidade de efetuar uma pesquisa de campo, foi adotado o Delphi, o qual consiste na consulta a especialistas, a partir de várias rodadas, até a obtenção de um consenso sobre as informações obtidas (WRIGHT & GIOVINAZZO, 2000).

Este processo foi realizado com o apoio de técnicos localizados em bases aéreas e de militares que acompanharam a migração do antigo sistema incandescente para o moderno LED em aeroportos administrados pela INFRAERO.

2 HISTÓRICO E CONCEITUAÇÕES

Desde o início, nos mais primórdios momentos, quando se utilizava o fogo para permitir a visão na ausência da luz natural, a iluminação é uma necessidade para o homem. A ciência nos mostrou que a eficiente iluminação de um ambiente deve tomar por base o desempenho visual requerido para a realização de uma determinada tarefa.

O avanço tecnológico tem afetado diretamente os indivíduos na sociedade, como nunca antes se viu, fazendo com que rápidas transformações ocorram nos mais diversos campos. Conforme Brasil (2014), na área de iluminação, surgem novos paradigmas como sustentabilidade e eficiência energética e, acarretado por estes surgimentos, o LED apresenta-se como uma possibilidade eficiente, com alta durabilidade, qualidade de luz e flexibilidade, fatores cruciais para transição.

De forma a nortear o desenvolvimento deste trabalho, foram considerados referenciais teóricos que tratam do uso da tecnologia de lâmpadas incandescentes e lâmpadas LED não só em sistemas de balizamento, mas também em sistemas residenciais e industriais, conforme VIANA (2012).

Conceitos elétricos e físicos ligados ao uso de ambas as tecnologias foram expostos de maneira objetiva, a fim de delimitar a pesquisa e estruturar a melhor compreensão do leitor. Tais conceitos serão expostos de maneira sintética abaixo:

- a) Fluxo luminoso: representa a potência luminosa emitida de uma fonte de luz por segundo, em todas as direções. Sua unidade é o lúmen (lm);
- b) Eficiência luminosa de uma fonte (lúmen por watt, lm/W): é o quociente do fluxo emitido e da potência consumida;
- c) Fluxo luminoso (lúmen, lm): quantidade derivada do fluxo radiante emitida pela radiação, de acordo com sua ação sobre um receptor seletivo, cuja sensibilidade espectral é definida pelas eficiências espectrais padrão, ou seja, a potência de radiação emitida por uma fonte de luz que pode ser avaliada pelo olho humano;
- d) Intensidade luminosa de uma fonte numa dada direção (candela, cd): é o quociente do fluxo luminoso que sai da fonte e se propaga em um elemento de ângulo sólido, contendo a direção dada e o elemento de ângulo sólido;

e) Carga Indutiva: equipamento que cria um campo magnético nas suas bobinas existentes nessas cargas (por construção), que atrasam a corrente em relação à tensão. São exemplos dessa carga: motores e transformadores;

f) Carga Capacitiva: equipamento que cria um campo elétrico nos capacitores existentes nessas cargas (por construção), que atrasam a tensão corrente em relação à corrente. São exemplos dessa carga: banco de capacitores e fontes de alimentação de computadores.

2.1 DEFINIÇÃO GERAL DO SISTEMA

Para verificar a viabilidade da substituição dos equipamentos de iluminação dos auxílios visuais para tecnologia LED, é primordial a compreensão da definição do sistema.

Nesta corrente temos o Sistema Auxílios Visuais, composto por diversos equipamentos luminosos visuais, destinados a auxiliar, com precisão e segurança, o piloto de uma aeronave durante sua aproximação, pouso e decolagem, e também no seu deslocamento em solo. Conforme Metrol (2001), este sistema é dividido em diversos circuitos visuais como:

a) Indicador do Vento de Superfície (Biruta) - equipamento tipo cone inflável móvel, iluminado, que gira em torno do eixo de seu mastro, conforme direção do vento.

b) Farol de Aeródromo - equipamento rotativo, percebido a uma longa distância, em forma de lampejos, numa velocidade em torno de 12 rpm (20 a 30 flash/minuto).

c) Indicador de Trajetória de Aproximação de Precisão (PAPI) - constituído por quatro caixas óticas dispostas lateralmente à pista, tendo suas faces luminosas, nas cores branca ou vermelha, voltadas para a linha de visão do piloto, orientando-o com relação à trajetória de planeio ideal.

d) Luzes de Obstáculos - formadas por luzes vermelhas para indicar existência de obstáculos no trajeto do pouso/decolagem em um aeródromo ou em suas proximidades.

e) Luz de Sinalização - utilizada pelos controladores de tráfego aéreo, nas Torres de Controle, quando não for possível a comunicação via rádio com as aeronaves.

f) Sistema de Luzes de Aproximação (ALS) - formado por luzes dispostas simetricamente com relação ao eixo central da pista e no seu prolongamento, as quais dão condições ao piloto, em sua aproximação final, de alinhamento da aeronave, com relação ao centro da pista.

g) Luzes de Cabeceira de Pista - formadas por luzes verdes fixas, instaladas simetricamente à esquerda e à direita do eixo da pista e voltadas para a sua aproximação, indicando ao piloto o seu início.

h) Luzes de Fim de Pista - formadas por luzes vermelhas fixas, instaladas simetricamente à esquerda e à direita do eixo da pista, indicando o seu final.

i) Luzes de Centro de Pista (eixo) - formadas por luzes dispostas conforme o eixo da pista para indicar sua trajetória central.

j) Luzes de Lateral de Pista - formadas por luzes dispostas lateralmente à pista para indicar direção e seus limites laterais.

k) Luzes de Zona de Ponto de Toque - formadas por barras transversais com relação ao eixo da pista, localizadas simetricamente, formando duas fileiras, para indicar a zona correta de toque da aeronave no solo, no momento do pouso.

l) Luzes da Barra de Parada - formadas por uma fileira de luzes localizadas nas interseções, indicando ao piloto a autorização de ingresso na pista de pouso/decolagem.

m) Sinalização Vertical - formada por painéis verticais localizados nas interseções das pistas, com orientações e informações necessárias ao deslocamento das aeronaves em solo.

n) Fonte de alimentação ininterrupta - a chamada UPS (uninterruptible power supply) é um sistema de equipamentos projetados para suprir a energia, de maneira instantânea, de cargas críticas, quando na falha da alimentação principal.

o) Banco Capacitivo - equipamento capacitivo projetado para manter o Fator de Potência o mais próximo da unidade. Concessionárias de energia elétrica, empresas e indústrias que trabalham, em média (1 a 36,2Kv), empregam esse equipamento em redes de alta tensão (acima de 36,2Kv) em CA.

Um sistema de Balizamento Noturno é formado pelo uso integrado, de acordo com a necessidade, dos sistemas de auxílio visuais, conforme descritos acima, e pistas de pouso/decolagem, pistas de manobras e pátio de estacionamento de aeronaves de um aeródromo. Esse sistema de luzes permite ao piloto de uma aeronave em voo noturno, ou em condições de visibilidade reduzida, distinguir, de grandes distâncias, a localização da pista de pouso.

As diversas cores de lâmpadas distribuídas ao longo da pista indicam ao piloto o início da pista, o posicionamento da aeronave e as distintas áreas de manobra e estacionamento da aeronave. Com efeito, a partir das definições acima, torna-se possível a verificação das hipóteses propostas por esta pesquisa.

2.2 PROBLEMATIZAÇÃO

No Brasil, a confiabilidade do fornecimento de energia elétrica tem se tornado objeto de grande preocupação para os órgãos governamentais, uma vez que o risco de apagões - cidades sem energia elétrica por longos períodos - tornou-se constante. Devido ao excesso de consumo de energia, usinas hidrelétricas já não conseguem suprir a demanda energética do país. Com isso, as organizações devem procurar artifícios para um controle efetivo no que diz respeito à economia de energia.

Já a Iluminação de pista, no âmbito da FAB, apesar de suprir as necessidades operacionais, deixa muito a desejar no que tange à economia de energia. Os sistemas de iluminação são imprescindíveis para a proteção e segurança de voo, pois trata-se de auxílios luminosos que permitem ao piloto realizar pousos e decolagens com alto grau de confiabilidade.

É neste contexto que entra a contribuição da FAB para um melhor aproveitamento energético dentro das organizações, tendo como foco as pistas de pouso das Bases Aéreas. Observa-se que ainda são utilizados sistemas de lâmpadas incandescentes de alta potência e baixa durabilidade, para os quais são utilizados reguladores de alta potência causando um impacto muito grande no consumo de energia, dentre outros fatores negativos.

A manutenção também é um objeto de preocupação, pois muitos materiais utilizados já não são mais fabricados e o tempo de recuperação do sistema acaba por aumentar além do previsto.

Outra problemática é que a iluminação de pista é considerada como carga crítica, conforme a NSCA 66-2 (BRASIL, 2013). Essa norma conceitua e classifica as cargas como críticas e emergenciais. As cargas críticas são aquelas que não podem sofrer qualquer interrupção, devendo, portanto, ser alimentadas por UPS com banco de baterias. Englobam todos os equipamentos e sistemas que fornecem suporte técnico às áreas operacionais de ACC, APP e TWR, tais como:

- a) radar de rota, terminal meteorológico e de aproximação por precisão;
- b) computadores, estações de trabalho, servidores, roteadores dentre outros pertencentes aos sistemas vitais à área operacional;
- c) sistemas de telecomunicações, centrais telefônicas, centrais de áudio, gravadores;
- d) auxílios visuais, dependendo da categoria do aeroporto, conforme previsto no anexo 14 da ICAO.

Conforme visto na NSCA 66-2, fica evidente que os auxílios visuais de um aeródromo se enquadram como carga crítica. Para ilustração, serão apresentadas algumas informações dos auxílios visuais da Base Aérea de Anápolis (BAAN), que utiliza o sistema de iluminação de pista com lâmpadas incandescentes. As manutenções dos sistemas da BAAN são de responsabilidade do Destacamento de

Controle do Espaço Aéreo de Anápolis - DTCEA-AN.

O DTCEA-AN é uma Organização Militar da Força Aérea Brasileira subordinada ao Primeiro Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle do Espaço Aéreo e Controle do Tráfego Aéreo – CINDACTA1, cuja missão é executar, de forma descentralizada, as atividades operacionais, técnicas e administrativas relativas ao controle de tráfego aéreo em sua área de jurisdição, que compreende os circuitos de aproximação dos aeródromos da Base Aérea de Anápolis (BAAN), logo, pode-se dizer que o suporte técnico do sistema de balizamento noturno da BAAN é de responsabilidade do DTCEA-AN.

Os componentes básicos para um sistema de balizamento de pista são um Regulador de Corrente Constante, com seleção de diversos brilhos (níveis de corrente) e um aparelho de iluminação constituído de:

- a) corpo de luminária;
- b) lâmpadas incandescentes de 45W; e
- c) transformadores de isolamento de 45W (um para cada lâmpada).

Os Reguladores de Corrente Constante (RCC) são equipamentos que têm por finalidade alimentar o circuito das lâmpadas de balizamento com diferentes níveis de corrente AC regulada, dentro de uma margem de erro estabelecida por normas. Os RCC's possuem uma regulagem de fornecimento de corrente que proporcionam os diferentes níveis de brilho de que a pista necessita, e são comandados remotamente pelos controladores de tráfego aéreo da Torre de Controle do aeródromo.

O RCC é constituído basicamente por um transformador de corrente constante e por um transformador de corrente, que executa a monitoração da corrente de saída, além dos circuitos de controle de sobrecarga, ausência de carga e curto-circuito, medidores de tensão de entrada e de corrente de saída, painel de controle local e barras de conexões.

Foi observado na descrição do sistema de balizamento de pista da BAAN que ainda é utilizada a lâmpada incandescente de 45W. A tabela abaixo traz uma ideia de comparação entre as tecnologias de iluminação com LED e lâmpadas incandescentes. Com isso fica evidenciado que, para substituir uma lâmpada de 45 Watts usada na pista de pouso da BAAN, seria necessária uma lâmpada LED de, aproximadamente, 7 Watts visando, desta forma, diminuir consideravelmente o consumo de energia, com sustentabilidade.

Tabela 1 - Tabela Comparativa Entre Lâmpadas Incandescentes X Lâmpadas LED.

Lâmpadas	Comparação	
	Incandescente	LED
Gasto de energia	45 W	7 W
Preço	Em média R\$ 2 a 3	Em média R\$ 28 a 35
Durabilidade	1 mil horas (8 meses)	25 mil horas (17 anos)
Eficiência	Baixa, gasta mais energia com calor do que com luz (desperdício de energia).	Chega a reduzir em até 32 vezes o gasto em relação à incandescente
Gasto médio mensal	R\$ 4,50	R\$ 0,70

Fonte: INMETRO (2015).

3 TECNOLOGIA DE LED

O diodo emissor de luz - LED – é um componente eletrônico semicondutor, sendo uma das bases da tecnologia utilizada nos chips dos computadores, que converte corrente elétrica em luz. Ao contrário da transformação efetuada na lâmpada incandescente tradicional, a qual utiliza filamento metálico, radiação ultravioleta e descarga de gases, no LED a transformação de energia elétrica em luz é feita na matéria, sendo, por isso, denominada estado sólido (Solid State). Assim, não dissipa calor e não emite ultravioleta.

Com essa tecnologia, a energia consumida pode ter redução de 90% em relação às lâmpadas incandescentes. Com maior vida útil, as lâmpadas LED garantem uma significativa redução de custos, segundo Martins (2012), não só energéticos, mas também com manutenção e equipamentos de proteção.

As lâmpadas incandescentes ou alógenas não apresentam a mesma eficiência que o LED que, ecologicamente correto, não é construído à base de mercúrio ou outros de elementos prejudiciais à natureza. Nem radiação ultravioleta, nem infravermelha são emitidas, proporcionando segurança na manutenção, além de não gerar calor.

A pronta resposta - capacidade de rápido acionamento e desativação - denominada efeito flash, não compromete a vida útil. Além de operar com baixa voltagem, as lâmpadas LED são resistentes à vibração e ao impacto. Precisão cromática, operação e temperaturas extremas compõem outras vantagens dessa tecnologia.

3.1 HISTÓRICO DO LED

Thomas Edison, em 1879, desenvolveu uma tecnologia que viria a mudar o mundo: a lâmpada incandescente. Soberana, reinou em todos os sistemas de iluminação por um século, mesmo com o crescimento tecnológico exponencial de outras áreas.

A lâmpada incandescente consome cerca de 80% da energia drenada por seu filamento no calor produzido e dissipado, sendo apenas o restante convertido em luz, segundo MUNDO DA ELÉTRICA (2016). Ao passar dos anos até surgiram outras tecnologias, mas, sem um custo viável. A incandescente, mesmo com baixo rendimento, era a solução, segundo ELETROLEVE (2016).

Contudo, em 1963, inventado por Nick Holonyac, surge o LED amarelo; nos anos 70 o verde; mas apenas nos anos 80 foi possível uma evolução tecnológica para aumentar a intensidade luminosa dos LED's para que fosse possível a substituição de lâmpadas automotivas. Já no início dos anos 90, com a tecnologia InGaN, obtivemos LED's com comprimento de onda menores, nas cores azul, verde e ciano, tecnologia que propiciou a obtenção do LED branco, cobrindo, assim, todo o espectro de cores.

Por muito tempo, o LED foi utilizado apenas para indicadores de equipamentos eletrônicos em geral. Hoje, muito cogitado para iluminação de grande potência, temos LED's que atingem a marca de 120 lúmens de fluxo luminoso e com potência de 1,0 – 3,0 e 5,0 watts, disponíveis em várias cores, responsáveis pelo aumento considerável na substituição de alguns tipos de lâmpadas em várias aplicações de iluminação, dentre elas a utilização em balizamento luminoso de pistas de pouso e decolagem pelo mundo, conforme UNICAMP (2016).

3.2 OS LED'S NÃO LIBERAM CALOR

Como já exposto, a lâmpada de LED emite luz sem presença de infravermelho em seu feixe luminoso. Apenas parte da potência drenada pelo LED é transformada em calor. Dissipadores térmicos são utilizados para interação do calor gerado com o ambiente. Desse modo a junção do semicondutor permanece dentro dos limites especificados.

3.3 ALTO RENDIMENTO LUMINOSO

Um piloto em comando de uma aeronave, a quilômetros de distância e a milhares de metros de altura, necessita de precisão na direção do feixe de luz que observa. Para essa necessidade, a tecnologia LED se adapta com facilidade, pois o seu fluxo direcional permite dirigir a luz à área desejada, com uniformidade lumínica superior às incandescentes e ainda reduz manchas ou pontos escuros, além da perda de iluminação entre as fontes de luz.

Com efeito, o rendimento luminoso útil das lâmpadas LED (expresso em porcentagem de lumens por watt) é maior do que as lâmpadas economizadoras de energia (CFL) ou as lâmpadas de vapor de sódio (HPS), tradicionalmente utilizadas nos sistemas de iluminação de pistas de pouso e decolagem, ainda oferecendo oito vezes a iluminação da tradicional incandescente, conforme WPS (2016).

3.2 RESPEITO AO MEIO AMBIENTE

Por ser baseada na tecnologia de estado sólido, as lâmpadas de LED não apresentam metais pesados (mercúrio, tungstênio, chumbo e poluentes), tampouco gases tóxicos em sua composição, diferentemente das tecnológicas convencionais.

Este fato não torna seu descarte um problema ambiental, ao contrário das incandescentes.

A iluminação com LED é ecologicamente correta, pois não ataca a pele humana, já que não emite raios ultravioleta, nem infravermelho. Esta tecnologia apresenta reduzida emissão de calor, pois converte uma maior proporção da eletricidade em luz, resultando em menor aquecimento não só do equipamento, mas também do ambiente como um todo.

3.3 ECONOMIA PELO FATOR DE POTÊNCIA E QUALIDADE DE ENERGIA

É impraticável pensar em equilíbrio de carga e melhoria na qualidade de energia sem almejar melhorias de Fator de Potência que é definido como a razão entre potência ativa e reativa, indicando a eficiência com a qual a energia está sendo usada, isto é, FP é um índice que reflete como a energia está sendo utilizada, mostrando a relação entre a energia realmente útil (ativa – W) e a energia total (aparente – VA). Dessa forma, um FP de 0,75 – por exemplo – indica que determinado circuito está aproveitando apenas 75% da corrente que drena do sistema elétrico de alimentação.

Conforme DNAEE (1993), vieram exigências de correção de FP, hoje estruturadas na resolução ANEEL nº 414 (2010). Esta fixa o fator de potência de referência "fr", indutivo ou capacitivo, em 0,92, o limite mínimo permitido para as instalações elétricas das unidades consumidoras.

Alguns aparelhos elétricos, como os motores, transformadores e lâmpadas incandescentes, não só consomem energia ativa, mas também drenam energia reativa para o fluxo magnético de seu funcionamento. Análises de fator de potência médio que, comparadas aos 0,92 impostos por resolução, indicam a necessidade da implantação de medidas corretivas, tais como:

- a) instalação de banco de capacitores estáticos ou automáticos;
- b) de motores síncronos; e
- c) aumento do consumo de energia ativa.

Quando o fator de potência é inferior a 0,92, o total desembolsado a título de consumo de excedente reativo se constituirá num potencial de economia que poderá ser obtido através das medidas citadas. Pensar na substituição das incandescentes do balizamento por LED, que possui alto FP, implicaria diminuição de consumo

reativo, sem utilização de bancos capacitivos, que equilibram, mas não utilizam a energia. Na tabela abaixo, pode-se observar a característica das potências dos tipos de lâmpadas mais comuns no comércio e nas residências.

A tabela comparativa do fator de potência das tecnologias de construção de lâmpadas exposta abaixo nos permite inferir, com clareza, que a tecnologia LED é a única que proporciona um fator de potência dentro do normalizado pela ANEEL.

Tabela 1 - Potência para produção de 1200 lm

Lâmpada	Potência ativa (W)	Potência reativa (Var)	Potência Aparente (VA)	FP
Incandescente	80	0	80	1
Fluorescente	20	34,5	40	0,5
Halógena	80	0	80	1
LED	12	5	13	0,92

Fonte: INMETRO (2015)

3.6 FATORES QUE INFLUENCIAM SUA VIDA ÚTIL

Segundo OSRAM (2016), mesmo exigindo menos manutenção, na prática a extensão da vida útil dos LED's está ligada a seis fatores externos, que, se não observados, poderão ter efeito negativo quanto ao uso. A saber: temperatura; influência mecânica, alimentação elétrica, design óptico, umidade e influência química.

a) Temperatura: uma parte da energia drenada da fonte de alimentação para produção de luz é convertida em calor que deve ser dissipado ao meio, para manutenção do fluxo luminoso da lâmpada, tal é a necessidade do emissor LED. Dessa forma, as especificações técnicas ditam uma proporcionalidade: menor temperatura, maior vida útil.

b) Influência mecânica: assim como o diodo, tecnologia base do LED, é de fundamental importância a observação dos critérios de manuseio, desde sua fabricação a sua instalação, bem como os requisitos de proteção ao uso. Trata-se de um componente eletrônico que não pode suportar stress mecânico direto, assim a aplicação de carenagens e amortecedores – entre outros artifícios – fazem-se presentes no uso adequado desses equipamentos.

c) Alimentação: a faixa de variação permitida na alimentação de lâmpadas LED é menor que a permitida a incandescentes, ou seja, existe uma tensão e corrente nominal de operação, de variação mínima, especificada pelo fabricante. A não observância dessa faixa, via equipamentos de alimentação de precisão e adaptação dos reguladores de corrente contínua (RCC) pode, além de diminuir a vida útil, degradar a capacidade luminosa da lâmpada;

d) Óptica: no LED, não só a composição, mas também o design das lentes e carenagens utilizadas devem ser projetados de maneira especial. De extrema importância, a não observância desses critérios – que variam conforme a necessidade de uso – poderá causar, já nas primeiras horas de uso, um rebaixamento de qualidade na intensidade luminosa, com aparente mudança de cor nominal emitida.

e) Umidade: observando os critérios anteriores de montagem em módulos, os LED's em si tornam-se robustos, praticamente inquebráveis e resistentes à vibração, contudo, se expostos à umidade, ocorrerá degradação de todos os parâmetros e rápida inutilização do equipamento. É condição "sine qua non" o uso de um sistema de vedação adequado às intempéries climáticas a que o equipamento será submetido.

f) Produtos químicos: um bom sistema de vedação não só protegerá o equipamento da umidade presente no meio. Dependendo das condições ambientais, o estresse e degradação provocados ao LED poderão ser acarretados por produtos químicos presentes na atmosfera. São causas de falhas na operação os meios corrosivos (ar com conteúdo alto de dióxido de enxofre); o clima marítimo onde o teor de sal médio é elevado e até mesmo o ambiente industrial, além de piscinas, pois o teor de cloro médio é elevado.

3.7 INTEGRAÇÃO DO SISTEMA DE BALIZAMENTO COM A TECNOLOGIA LED

Até aqui já foram apresentados os benefícios e vantagens do LED, contudo é necessário avaliar qual a viabilidade de integração, ao sistema de balizamento, desta tecnologia. Para tal, a consulta ao relatório ACRP 35, conforme Bullough (2012), que trata da substituição das lâmpadas incandescentes pela tecnologia LED dos sistemas de iluminação de pista, foi o norte desta avaliação.

Esse documento pontua os prós e os contras na utilização da nova tecnologia LED, observados em diversos aeroportos no mundo onde a tecnologia LED foi adotada. O item de apreciação desse documento de maior vulto para esse artigo é referente à compatibilidade do sistema com a nova tecnologia a ser utilizada. Este item informa que:

a) na maioria dos aeroportos, é possível aproveitar a estrutura já existente, principalmente no que diz respeito aos RCC's utilizados no sistema antigo;

b) em alguns aeroportos, foram necessárias pequenas modificações para a inclusão do novo sistema LED, como substituição de transformadores de isolamento mais modernos, menores e mais eficientes, o que melhorou o desempenho geral do sistema.

Com efeito, quando se trata de aviação e segurança de voo, o que está diretamente ligado ao balizamento não é aceitável a imprecisão. Embora a nova tecnologia já tenha sido testada em diversas aplicações, a migração de sistemas só poderá ser efetuada com a garantia de precisão e confiabilidade.

Neste campo, quem vem se destacando, por efetuar conversões especializadas, é a empresa Norte Americana ADB Solutions a qual, baseada em normas reguladoras emitidas pela ICAO e pela FAA, tem atuado na substituição das lâmpadas incandescentes por tecnologia LED em vários aeroportos no mundo. Essa empresa também está norteada em pesquisas fornecidas pelo Programa Cooperativo de Pesquisas aeroportuárias (ACRP), patrocinado pela FAA, cuja finalidade é trabalhar para solucionar os problemas em aeroportos e gerar relatórios regulares sobre as melhores práticas.

No Brasil, a iluminação com produtos da ADB Solutions é utilizada pela INFRAERO, sendo o aeroporto de Uruguaiana – RS (administrado pela INFRAERO) uma base de consulta aos manuais de instalação ADB SOLUTIONS (2014), podendo, assim, verificar que os detalhes referentes à integração da iluminação com tecnologia LED comparado à iluminação convencional já foram superados nas instalações brasileiras. Esta conversão de sistema, além de reaproveitar a estrutura existente no aeródromo, também proporcionou maior eficiência no consumo energético, não sendo necessário um redimensionamento de infraestrutura de alimentação elétrica.

Com o apoio da equipe técnica do Aeroporto de Uruguaiana – RS, a consulta a manuais e a utilização do método DELPHI, foram realizadas consultas orientadas ao manual ADB, onde são especificadas as características inovadoras de um novo dispositivo chamado APSS (Advanced Power Supply System). Este equipamento foi projetado para maximizar a eficiência energética e minimizar a complexidade da luminária Led comparado ao sistema de luzes incandescentes. Dessa forma, é possível, como já citado, a reutilização da infraestrutura existente no aeroporto, incluindo fios, conectores, entre outros a fim de que sejam reaproveitados.

A Implantação dos APSS elimina a necessidade dos antigos RCC's, porém continuam-se a utilizar os transformadores de isolamento, dessa forma permite-se ainda executar comandos remotos de brilho (B1, B2, B3, B4 e B5), ou seja, do brilho um ao brilho cinco. O sistema de alarmes do APSS permite criar logs para circuitos específicos, indicando, para a manutenção, o local da possível anomalia. Ainda é possível o monitoramento de desempenho, além de indicação de falhas críticas como circuito aberto e curto-circuito.

Outro grande benefício da utilização do novo sistema é a ínfima corrente drenada da alimentação - no máximo 2 Ampères - em comparação com o antigo RCC que drenava até 20 Ampères, salientando um consumo energético de apenas 10% do anterior, o que, atrelado à também reduzida tensão nominal, proporcionou maior segurança na manutenção. Aliado ao aumento dos fatores de segurança do trabalho,

trabalho, outro benefício é a facilidade para adaptação dos técnicos à nova tecnologia, que pode ser efetuada com treinamentos simples, dada a diminuição da complexidade dos circuitos que agora são menores e mais seguros.

No que diz respeito à capacidade de integração do novo sistema, será apresentado um quadro dos valores do consumo de corrente dos sistemas antigos comparados aos novos, considerando também as respectivas intensidades luminosas (Níveis dos brilhos preconizados pela ICAO), conforme ADB SOLUTIONS (2014).

Tabela 1 - Consumo de corrente de acordo com os níveis de brilho exigidos no sistema antigo (Incandescentes)

NÍVEIS DE BRILHO EXIGIDOS PARA ILUMINAÇÃO DE PISTA	CONSUMO DE CORRENTE EM AMPERES
B1	2.8 A
B2	3.4 A
B3	4.1 A
B4	5.2 A
B5	6.6 A

Fonte: MANUAL ADB SOLUTIONS (2014).

Tabela 2 - Consumo de corrente de acordo com os níveis de brilho exigidos no novo sistema (LED)

NÍVEIS DE BRILHO EXIGIDOS PARA ILUMINAÇÃO DE PISTA	CONSUMO DE CORRENTE EM AMPERES
B1	0.01 A
B2	0.03 A
B3	0.1 A
B4	0.4 A
B5	2 A

Fonte: MANUAL ADB SOLUTIONS (2014).

Assim como em outros sistemas tecnológicos diversos em evolução, outra característica importante dessa inovação é a redução do tamanho físico dos sistemas, sendo possível, assim, um redimensionamento a fim de utilizar o espaço outrora ocupado pelo sistema antigo, relacionado principalmente à equipe de manutenção ou instalação de novos equipamentos, caso a demanda local torne-se necessária.

Pela análise apresentada nesse tópico, é possível conjecturar que o novo sistema é compatível em termos de integração e deve-se consultar a empresa que melhor atende aos requisitos. Ainda vale lembrar que a ICAO, no anexo 14, preconiza somente os requisitos relacionados à capacidade de iluminação e que as empresas as quais fizerem as substituições atendam a esses requisitos.

3.8 CASO DE SUCESSO DA INFRAERO

Seguindo a tendência mundial na iluminação de pista, a primeira experiência com a nova tecnologia foi iniciada há cinco anos pela área de Manutenção da Infraero com a instalação de cinco luminárias a LED no Aeroporto Internacional de Guarulhos/Governador André Franco Montoro (SP), no balizamento das pistas de taxiamento. Em seguida, outras cem lâmpadas foram instaladas no Aeroporto Internacional de Porto Alegre/Salgado Filho (RS). Atualmente, todas as pistas de taxiamento dos aeroportos das regionais Sul e Norte da Infraero contam com esse sistema.

Hoje, a substituição, pela Infraero, das lâmpadas de balizamento dos sistemas de pistas por lâmpadas a LED está em fase de implantação nas áreas de manobras dos dezoito aeroportos brasileiros administrados por ela. A substituição está ocorrendo no balizamento das pistas de taxiamento.

O investimento é de R\$ 2,76 milhões na instalação de mais de 2,6 mil lâmpadas, e a previsão de retorno do investimento é de um ano. Além da durabilidade, as lâmpadas de LED requerem menos energia e demandam menos manutenção, sendo sua vida útil cerca de dez vezes maior que as lâmpadas tradicionais.

Segundo a INFRAERO (2013), a decisão para troca das lâmpadas foi baseada em estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental. Conduzido pela Superintendência de Manutenção da empresa, o trabalho apontou resultados de redução de intervenções de manutenção, maior disponibilidade do sistema e economia de energia da ordem de 50% em relação às luminárias convencionais, justificando, assim, o investimento.

Além da economia e da sustentabilidade, outro fator positivo que justificou a decisão foi a melhor visualização das pistas pelos pilotos que utilizam os aeroportos. As luzes de balizamento a LED sinalizam a pista em casos de operações noturnas ou com baixa visibilidade.

As luminárias a LED (Diodo Emissor de Luz - em inglês, Light Emitting Diode) são mais duradouras, sustentáveis e econômicas, além de consumirem menos energia e demandarem menos manutenção.

Para adotar as luminárias a LED, a Infraero realizou um estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental. Conduzido pela Superintendência de Manutenção da empresa, o trabalho apontou resultados de redução de intervenções de manutenção, maior disponibilidade do sistema e economia de energia da ordem de 50%, em relação às luminárias convencionais.

Outro resultado positivo é a melhor visualização das pistas pelos aviadores que utilizam os aeroportos, já que as luzes de balizamento a LED sinalizam a pista em casos de operações noturnas ou com baixa visibilidade. "Com as luminárias a LED, a necessidade de aquisição de peças de reposição e de serviços é menor e,

somando as demais vantagens citadas, a implantação representará uma economia de R\$ 110 mil por ano”, afirmou o superintendente de Manutenção da Infraero, Anderson Goddard, (INFRAERO, 2013). Segundo ele, outros 31 aeroportos devem receber nova iluminação nas pistas de taxiamento com tecnologia LED no ano de 2014.

Nos aeroportos de Goiânia (GO), Vitória (ES) e Santos Dumont (RJ), por exemplo, as lâmpadas já foram substituídas. Em Goiânia, foram instaladas 194 lâmpadas nas taxiways. “Espera-se uma redução do consumo de energia elétrica de, aproximadamente, 78%, além de uma considerável redução dos custos indiretos com manutenção e substituição das luminárias”, pontuou Diego Gewehr, gerente de Manutenção do aeroporto. Já no Aeroporto de Vitória, foram instaladas 128 luminárias no circuito de balizamento do pátio de helicópteros e da taxiway A.

No Aeroporto Santos Dumont (RJ), por sua vez, foram instaladas 175 luminárias a LED no balizamento de pistas.

Já nos aeroportos de Belém (PA), São Luís (MA) e Macapá (AP) foram feitas as substituições de 220 luminárias das torres de iluminação do pátio de aeronaves a partir da segunda quinzena de dezembro. Em Belém, foram instaladas, ainda, luminárias no estacionamento do terminal de passageiros e nas salas de embarque e desembarque. As lâmpadas de LED dos totens e arandelas do terminal de passageiros do aeroporto já estão em funcionamento. Foram substituídas 260 unidades de lâmpadas comuns por LED. A substituição faz parte do programa de eficiência energética que busca a redução no consumo de energia elétrica dos aeroportos, segundo MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (2014).

Já nos aeroportos de Belém (PA), São Luís (MA) e Macapá (AP) foram feitas as substituições de 220 luminárias das torres de iluminação do pátio de aeronaves a partir da segunda quinzena de dezembro. Em Belém, foram instaladas, ainda, luminárias no estacionamento do terminal de passageiros e nas salas de embarque e desembarque. As lâmpadas de LED dos totens e arandelas do terminal de passageiros do aeroporto já estão em funcionamento. Foram substituídas 260 unidades de lâmpadas comuns por LED. A substituição faz parte do programa de eficiência energética que busca a redução no consumo de energia elétrica dos aeroportos, segundo MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (2014).

4 CONCLUSÃO

O presente trabalho foi concebido a partir da possibilidade de se adequar o sistema de iluminação de pista de pouso e decolagem dos aeródromos da FAB que, apesar de suprirem as necessidades operacionais, tornaram-se obsoletos. No atual cenário tecnológico onde, além da economia no consumo de energia e preservação da matriz energética, também são fundamentais o uso de uma tecnologia sustentável e comprometida com o meio ambiente, essa obsolescência destaca-se como fator

crítico.

Após a análise dos referenciais teóricos e do Regulamento Brasileiro da aviação Civil RBAC 154 EMENDA, foi identificada a possibilidade de avaliar os impactos e benefícios da introdução da tecnologia LED nesse sistema de iluminação. Nesse sentido, durante o trabalho, estes pesquisadores tiveram como objetivo geral a resolução do seguinte questionamento: seria viável a inserção da tecnologia de lâmpadas LED nos sistemas de balizamento de pistas de pouso e decolagem nos aeródromos da FAB?

Para tanto, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: verificar qual é o histórico dessa nova tecnologia proposta; definir o que é uma lâmpada LED e verificar as principais características de funcionamento e os fatores que influenciam na vida útil de lâmpadas LED; delimitar os impactos no fator de potência e verificar a qualidade de energia drenada da fonte de alimentação para os equipamentos que operam nessa tecnologia e, por fim, analisar se existe viabilidade de integração eficiente da tecnologia LED com o sistema em operação.

Em atendimento à busca histórica dessa tecnologia, foi possível constatar a evolução da aplicação – de indicador luminoso à iluminação de grande potência – proporcionada por componentes de estado sólido. Almejando conceituar, constatamos que o LED, baseado em semicondutores, converte corrente elétrica em luz sem emissão de ultravioleta, tampouco infravermelho, além de não haver descarga de gases na atmosfera. Ainda, se observados seis fatores externos, essa tecnologia exigirá menos manutenção e terá uma extensão de vida útil.

Buscando a concordância com normas éticas e legais da atualidade, delimitamos os impactos no FP e qualidade de energia via comparação de tecnologias de iluminação, conforme dados do INMETRO referentes ao fator de potência com os das diversas tecnologias de iluminação, em especial a incandescente. Tal fato determinou uma visão clara sobre a tecnologia proposta ser a única que proporciona os índices de FP e a qualidade de energia normalizados pela ANEEL.

Visando à eficiência financeira e à melhor utilização de recursos, salientamos que não só é possível, como já foi executado na maioria dos aeroportos onde a tecnologia LED foi incorporada, o reaproveitamento da estrutura já existente. Nesse sentido, foi destacada a Norte Americana ADB Solutions, pioneira em alcançar índices de regulamentação ICAO e FAA e que vem atuando em diversos aeroportos no mundo com a revitalização eficiente de tecnologia.

Com efeito, após essa jornada pelos campos da pesquisa energética, logística, ambiental, histórica e tecnológica, na busca por uma resolução do questionamento sugerido pelo objetivo geral, conclui-se como real, possível e viável a inserção da tecnologia de lâmpadas LED nos sistemas de balizamento de pistas de pouso e decolagem nos aeródromos da FAB. Ainda, destacam estes pesquisadores, tal inserção virá a ratificar o compromisso da FAB com a sustentabilidade, eficiência e com o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ADB SOLUTIONS. ALSF/MALSR 2000 V System Medium Intensity Approach Lighting System (MALSR) & Approach Lighting System with Sequenced Flashers (ALSF). User manual. (2014) vol. 1, 2, 3, 4 e 5. Disponível em: <http://www.adb-air.com/media/Documents/889/96A0106.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2016.

AVIAÇÃO BRASIL. Infraero substitui lâmpadas comuns por-LED nas pistas de manobra de aeronaves. 13 DE DEZEMBRO DE 2013. Disponível em: <<http://aviacaobrasil.com.br/infraero-substitui-lampadas-comuns-por-led-nas-pistas-de-manobra-de-aeronaves>>. Acesso em: 04 nov. 2016.

BAGGINI, Angelo (editor). Handbook of Powerco Quality. 1st Edition. West Sussex, England: John Wiley & Sons Ltd. 2008.

BRASIL. Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. Portaria DNAEE nº 1569, de 23/12/1993. Disponível em: <http://infoener.iee.usp.br/legislacao/legisla_nac/eletrico/leis/portaria_1569.html>. Acesso em: 04 nov. 2016.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. Regulamento Brasileiro da Aviação Civil. RBAC 154 EMD 01. Resolução nº 238, de 12 de junho de 2012. Diário Oficial da União. Nº122, S/1, p. 20, de 26/06/2012. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-154-emd-01/@@display-file/arquivo_norma/RBAC154EMD01.pdf>. Acesso em 17 abr. 2016.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. PRODIST: Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional, Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica. Brasil, 2008. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/M%C3%B3dulo8_Revis%C3%A3o_7.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2016.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL Resolução Normativa Nº 414, de 9 de setembro de 2010. Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf?>>. Acesso em: 04 nov. 2016.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Padrões Internacionais e Práticas Recomendadas: Aeródromos. ICAO Anexo 14. 3 ed. Julho 1999. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/175142022/Icao-Anexo-14-Br>. Acesso em: 02 nov. 2016.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. NSCA 66-2: Normas Técnicas para Implantação/Substituição de Sistemas de Energia do SISCEAB. Portaria DECEA nº 50/DGCEA, de 5 de junho de 2013. Aprova a edição da norma de sistema que disciplina as normas técnicas para implantação/substituição de sistemas de energia do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB). Boletim do Comando da Aeronáutica, Rio de Janeiro, nº 120, de 26 de junho de 2013. Disponível em: <<http://publicacoes.decea.gov.br/?i=publicacao&id=3922>>. Acesso em: 05 jun. 2016.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Manual de Trabalhos Acadêmicos da Universidade da Força Aérea - UNIFA / Universidade da Força Aérea – 2a. ed. -- Rio de Janeiro: UNIFA, 2014. 106 p.: Il.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. NOTA TÉCNICA DEA 26/14, em dezembro de 2014. Série Estudos de Demanda. Avaliação da Eficiência Energética e Geração Distribuída para os próximos 10 anos (2014-2023). Rio de Janeiro: Dezembro de 2014. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/DEA%2026%20Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica%20e%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20Distribu%C3%ADa%20para%20os%20pr%C3%B3ximos%2010%20anos.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

BULLOUGH, John D; Airport Cooperative Research Program. Acrop Synthesis 35. Issues With Use of Airfield LED Light Fixtures - A Synthesis of Airport Practice. Transportation Research Board, 2012.
Disponível em: <preencher com o endereço www.TRB.org>

Centro de Informática EEL Sistemas. USP. Conceito de Fator de Potência. Disponível em: <<http://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5840834/59/Aprpotparte2.pdf>>. Acesso em 20 jul 2016.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino; SILVA, Roberto da. Metodologia científica. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007. 162 p.

DECKMANN, Sigmar Maurer; POMILIO, José Antenor. Avaliação da Qualidade da Energia Elétrica. UNICAMP/FEEC/DSCE, 2010.

DUNGAN, Roger C. et al. Power Systems Quality. 2nd Edition. Ohio, U.S.A.: McGraw-Hill, 2004.

ELETOLEVE. Lâmpadas de LED: Evolução na iluminação 13/02/2012. Disponível em: [http://www.eletoleve.com.br/index.htm/database images/database images/index.htm?conteudo=noticias&news_id=69](http://www.eletoleve.com.br/index.htm/database%20images/database%20images/index.htm?conteudo=noticias&news_id=69). Acesso em: 04 nov. 2016.

ENGELÉTRICA. Fator de potência. 13 de abril de 2007. Disponível em: <<http://www.engeletrica.com.br/wordpress/2007/04/13/fator-de-potencia/>>. Acesso em 22 jul 2016.

GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. - São Paulo: Atlas, 2002.

JASPER, Flavio Neri Hadmann. O Modelo Brasileiro de Controle de Tráfego Aéreo. In: III SEMINÁRIO DE ESTUDOS: PODER AEROESPACIAL E ESTUDOS DE DEFESA. Anais... Rio de Janeiro: UNIFA, 2009. p. 323-336.

KUSKO, Alexander; THOMPSON, Marc T. Power Quality in Electrical Systems. 1st Edition. U.S.A.: McGraw-Hill, 2007.

MARTINS, Elaine. Por que uma lâmpada de LED é mais econômica? Disponível em: <<http://www.tecmundo.com.br/led/34046-por-que-uma-lampada-de-led-e-mais-economica-.htm>>. Acesso em: 04 nov. 2016

METROL Equip. Sinalização Ltda. Manual de manutenção dos auxílios luminosos à aproximação e ao pouso. Disponível em: <http://metrol.com.br/downloads/c_pratico_manut_metrol.pdf>. Acesso em 24 set. 2016.

METROL Equip. Sinalização Ltda. Curso prático de manutenção. 2006. Disponível em: <http://metrol.com.br/downloads/c_pratico_manut_metrol.pdf>. Acesso em 01 nov. 2016.

MORENO, Hilton - Instituto Brasileiro do Cobre. Harmônicas nas Instalações Elétricas, Causas, Efeitos e Soluções. 1ª. Ed. São Paulo, 2001.

MUNDO DA ELÉTRICA. Como funciona uma lâmpada incandescente? 2016. Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/como-funciona-uma-lampada-incandescente/>>. Acesso em: 04 nov. 2016

OSRAM. Vida de operação do LED: quantidade de luz durável. 2016. Disponível em: <http://www.osram.com.br/osram_br/noticias-e-conhecimento/pagina-de-led/conhecimento-profissional/principios-basicos-do-led/vida-de-operacao/index.jsp>. Acesso em: 04 nov. 2016.

PEREIRA, José Claudio. Sistemas elétricos de suprimento de energia para cargas de missão crítica. O Setor Elétrico. Edição 52, maio, 2010.

POMILIO, José Antenor. Normas relativas a Fator de Potência e Distorção Harmônica. O Setor Elétrico. Abril, 2009.

PROCEL. Manual de Iluminação. Agosto 2011. Disponível em:

[http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/MANUAL%20DE%20ILUMINACAO%20-%20PROCEL EPP%20-AGOSTO%202011.pdf](http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/MANUAL%20DE%20ILUMINACAO%20-%20PROCEL%20EPP%20-AGOSTO%202011.pdf). Acesso em 03 nov. 2016.

SANKARAN, C. Power Quality. 1st Edition. New York, USA: CRC Press, 2002.

SANTOS, A.H.M. et al. Conservação de energia: eficiência energética de equipamentos e instalações. 3. ed. Itajubá: FUPAI, 2006. 596 p. Disponível em:

[http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_18/2014/04/22/6281/Livro Conservacao de Energiaed3.pdf](http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_18/2014/04/22/6281/Livro%20Conservacao%20de%20Energiaed3.pdf). Acesso em 18 ago 2016.

STAROSTA, José. Qualidade da energia na alimentação das cargas de missão crítica. O Setor Elétrico. Edição 95, dezembro de 2013.

STEVENSON, William D. Elementos de Análise de Sistemas de Potência. Tradução do original Elements of power system analysis por Arlindo MAYER, João Paulo MINUSSI e Somchai ANSUJ. 2 ed. São Paulo: MacGraw-Hill, 1986.

UNICAMP. Laboratório de Iluminação. LED: o que é e como funciona. 2016. Disponível em: <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/dicasemail/led/dica36.htm>. Acesso em: 04 nov. 2016.

VIANA, Augusto Nelson Carvalho; BORTONI, Edson da Costa; NOGUEIRA, Fábio José Horta; HADDAD, Jamil; NOGUEIRA, Luiz Augusto Horta; VENTURINI, Osvaldo José; YAMACHITA, Roberto Akira. Eficiência energética: fundamentos e aplicações. 1 Ed. Elektro - Universidade Federal de Itajubá: Campinas, 2012. Disponível em: [http://www.elektro.com.br/Media/Default/DocGalleries/Eficientiza%C3%A7%C3%A3o%20Energ%C3%A9tica/Livro Eficiencia Energetica.pdf](http://www.elektro.com.br/Media/Default/DocGalleries/Eficientiza%C3%A7%C3%A3o%20Energ%C3%A9tica/Livro%20Eficiencia%20Energetica.pdf). Acesso em: 22 out. 2016.

WPS SOLUÇÕES EM TECNOLOGIA. Led. 2016. Disponível em: <http://wps.digital/produtos/3/led>. Acesso em: 04 nov. 2016.

WRIGHT, James Terence Coulter; GIOVINAZZO, Renata Alves. DELPHI – uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo (2000). Caderno de Pesquisas em Administração. São Paulo v. 01, nº 12, 2º trimestre de 2000. Disponível em: <http://regeusp.com.br/arquivos/C12-art05.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2016

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- ACC** – Centro de Controle de Área
- ACRP** – Programa Cooperativo de Pesquisas Aeroportuárias
- ALS** – Sistema de Luzes de Aproximação
- ANEEL** – Agência nacional de energia elétrica
- APP** – Serviço de Controle de Aproximação
- APSS** – Advanced Power Supply System
- BAAN** – Base Aérea de Anápolis
- CA** – Corrente Alternada
- CINDACTAI** – Primeiro Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle do Espaço Aéreo e Controle do Tráfego Aéreo
- DEA** – Demanda energética
- DNAEE** – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
- DTCEA- AN** – Destacamento de Controle do Espaço Aéreo de Anápolis
- FAA** – Federal Aviation Administration
- FAB** – Força Aérea Brasileira
- FP** – Fator de potência
- ICAO** – Organização de Aviação Civil Internacional
- INFRAERO** – Infraestrutura Aeroportuária
- INMETRO** – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
- IRC** – Índice de Reprodução de Cor
- K** – Medida de temperatura em Kelvin
- Kv** – Kilovolts
- LED** – Diodo emissor de luz
- lm** – Lúmens
- nm** – Nanômetros
- NSCA** – Norma do sistema do comando da aeronáutica
- PAPI** – Indicador de Trajetória de Aproximação de Precisão
- RCC** – Regulador de corrente constante
- RPM** – Rotações por minuto
- TWR** – Serviço de Controle de Aeródromo
- UPS** – Uninterruptible Power Supply
- VA** – Volt ampere
- W** – Watts