



PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, COM ÊNFASE NO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO, APLICADO AO GRUPO DE SAÚDE DE LAGOA SANTA

CT Vinicius Roberto Dutra Petronilho^{1,*}, Aluno Ricardo de Souza Vieira¹, Aluno Warley Maycon Lima¹, Cap QOEng TEL Rodrigo Silva Lemos², 2° Ten QOCon MMS Thiago Linhares Brant Reis¹

1 – Centro de Instrução e Adaptação da Aeronáutica (CIAAR), Lagoa Santa - MG, Brasil

2 – Destacamento de Infraestrutura de Aeronáutica de Canoas (DTINFRA-CO), Canoas - RS, Brasil

*Autor de contato: dutravrp@gmail.com

RESUMO

Este artigo tem como objetivo realizar um estudo de eficiência energética, com ênfase no sistema de iluminação, no Grupo de Saúde de Lagoa Santa (GSAU-LS), visando à inscrição na Chamada Pública de Projetos (CPP) da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) e a análise do período de retorno de investimento (*payback*) de projeto não contemplado pela CPP. Para isso, foram realizadas pesquisas de bibliografia e de campo, que consistiram em observações e coleta de dados, a fim de estimar a participação do sistema de iluminação atual no uso final de energia elétrica das dependências do GSAU-LS. As lâmpadas e os projetores de LED (*Light Emitting Diode*) já instalados no sistema atual não foram incluídos na proposta de substituição na ação de atualização tecnológica da construção (*retrofit*). Para a parte não eficientizada do sistema de iluminação, foi proposta a instalação de lâmpadas mais eficientes. Com isso, obteve-se uma redução de 12% da parcela total de participação do uso final de consumo de energia (kWh/mês). Entretanto, a Relação Custo Benefício (RCB) obtida foi de 1,33, ultrapassando o índice máximo de 0,8 permitido pela Chamada Pública da CEMIG. Já na análise do retorno de investimento, foi encontrada viabilidade econômica com um período de *payback* de 11,31 meses, para mão de obra contratada, e 10,14 meses, para serviço realizado pela Seção Técnica do GSAU-LS.

Palavras-chave: Eficiência Energética. Iluminação. Hospital. Chamada Pública. *Payback*.

ABSTRACT

This article aims to carry out a study of energy efficiency, with emphasis on the lighting system, in the Grupo de Saúde de Lagoa Santa (GSAU-LS), with a view to enrolling in the public call for projects (PCP) of Minas Gerais Energy Company (CEMIG) and the analysis of the project's payback period not covered by the PCP. For this, bibliography and field research were carried out, which consisted of observation and data collect, in order to estimate the participation of the current lighting system in the final use of electric energy in the GSAU-LS premises. The LED lamps and projects already installed in the current system were not included in the replacement proposal in the building technology upgrade (*retrofit*). For the non-efficient part of the lighting system, it was proposed to install more efficient lamps. As a result, there was a 12% reduction in the total share of the final use of energy consumption (kWh/month). However, the Cost-Benefit Ratio (RCB) obtained was 1.33, exceeding the maximum index of 0.8 allowed by CEMIG's Public Call. In the analysis of the return on investment, economic viability was found with a payback period of 11.31 months, for hired labor, and 10.14 months, for service performed by the Technical Section of the GSAU-LS.

Keywords: Energy Efficiency. Lighting. Hospital. Public call. *Payback*.

1 INTRODUÇÃO

A eficiência energética e o combate ao desperdício de energia têm sido assuntos cada vez mais presentes no cenário mundial (NOGUEIRA, 2013). No Brasil, o tema vem ganhando destaque devido ao elevado custo de produção, transmissão e distribuição de energia elétrica, tornando-se necessária parcimônia na utilização desses recursos.

O uso racional da energia elétrica também é um desafio para o setor público que, ao gerir eficientemente o consumo energético em suas edificações, valoriza a responsabilidade social com a despesa pública. Uma importante medida do Governo Federal para incentivar o desenvolvimento de novas tecnologias e práticas racionais de uso da energia foi a criação do Programa de Eficiência Energética (PEE), regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). A Chamada Pública de Projetos de Eficiência Energética é um dos eixos de atuação do PEE da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG). Desde 2015, a estatal publica, anualmente, edital para receber inscrições de diferentes propostas de projetos, inclusive de instituições hospitalares.

Tradicionalmente, os hospitais são grandes consumidores de energia elétrica. Estes elevados consumos decorrem da utilização contínua dos seus compartimentos, dos elevados níveis de conforto térmico requeridos para os pacientes, do uso de diversos equipamentos hospitalares e de outras exigências técnicas inerentes a este tipo de instalação (VIANNA; GONÇALVES, 2001). Como o uso destes equipamentos é essencial, não se pode suprimi-los. Entretanto, pode-se melhorá-los, buscando formas mais eficientes de

utilização e emprego, que tragam resultados iguais ou melhores dos que já existiam e com um custo menor.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho é realizar uma análise do impacto econômico da implantação de um PEE, com ênfase no sistema de iluminação, no Grupo de Saúde de Lagoa Santa (GSAU-LS), utilizando a Chamada Pública de Projetos (CPP) da concessionária de energia local. Além disso, com um PEE estabelecido, analisar o período de retorno de investimento (*payback*) de projeto não contemplado pela CPP, no intuito de verificar a liquidez da aplicação.

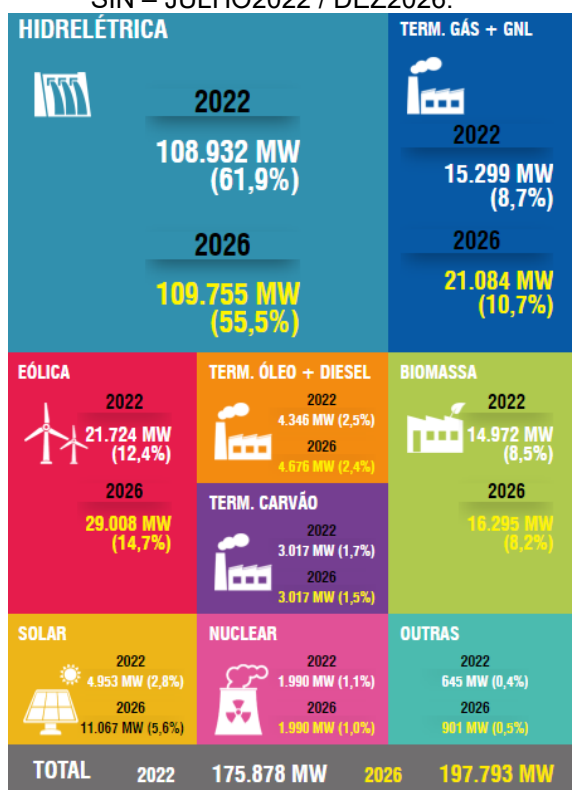
2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sistema Interligado Nacional (SIN)

O sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil é um sistema hidro-termo-eólico de grande porte.

A capacidade instalada de geração do SIN é composta, principalmente, por usinas hidrelétricas distribuídas em dezesseis bacias hidrográficas nas diferentes regiões do país. Nos últimos anos, a instalação de usinas eólicas, principalmente nas regiões nordeste e sul, apresentou um forte crescimento, aumentando a importância dessa geração para o atendimento do mercado. As usinas térmicas desempenham papel estratégico relevante, pois contribuem para a segurança do SIN. Os sistemas de transmissão integram as diferentes fontes de produção de energia e possibilitam o suprimento do mercado consumidor, conforme a **Figura 1**.

Figura 1 – Evolução da capacidade instalada no SIN – JULHO2022 / DEZ2026.



Fonte: Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) - Julho 2022.

2.2 Custo da Energia

Para estabelecer a tarifa, a ANEEL considera as despesas desde quando a energia é gerada até a sua entrega na unidade consumidora. Assim, as geradoras produzem a energia e as transmissoras a transportam do ponto de geração até os centros consumidores, de onde as distribuidoras a levam até a casa dos cidadãos (ANEEL, 2022).

O trânsito da energia é possível graças ao Sistema Interligado Nacional, uma grande rede de transmissão com mais de 169 mil quilômetros de extensão (ONS, 2022).

A tarifa considera três custos distintos: Energia gerada, transporte de energia até as unidades consumidores (transmissão e distribuição) e encargos setoriais.

Além da tarifa, existem tributos como PIS/COFINS, ICMS e Contribuição para Iluminação Pública (CIP). Os encargos setoriais e os tributos são instituídos por leis. Alguns incidem somente sobre o custo da distribuição, enquanto outros estão embutidos nos custos de geração e de transmissão.

Sendo assim, a fatura de energia é composta pela compra da energia (custos do gerador), pela transmissão (custos da transmissora) e pela distribuição (serviços prestados pela distribuidora), além de encargos setoriais e tributos (ANEEL, 2022).

2.3 Classes de Consumo

Segundo a Resolução Normativa ANEEL nº 1.000 de 2021, a distribuidora deve classificar a unidade consumidora para fins de aplicação tarifária de acordo com a atividade comprovadamente exercida, a finalidade de utilização da energia elétrica e o atendimento aos critérios dispostos na legislação, em uma das seguintes classes tarifárias:

- I - residencial;
- II - industrial;
- III - comércio, serviços e outras atividades;
- IV - rural;
- V - poder público;
- VI - iluminação pública;
- VII - serviço público; e
- VIII - consumo próprio.

Conforme o Anuário Estatístico da Empresa de Pesquisa Energética, ano base 2021, a classe Poder Público saltou 39,8% em relação ao ano de 2020, acompanhado, em menor intensidade pelas classes Iluminação Pública, Serviço Público e Consumo Próprio.

2.4 Modalidades Tarifárias

As modalidades tarifárias são um conjunto de tarifas aplicáveis ao consumo de energia elétrica e à demanda de potência ativa. A Resolução Normativa ANEEL nº 1.000, de 2021, discrimina as tarifas na modalidade convencional e nas modalidades horárias (branca, verde e azul).

A modalidade Tarifária Convencional (TC) e a Horária Branca (THB) são caracterizadas pela cobrança de uma única tarifa para o consumo de energia. Enquanto na TC não há segmentação horária no dia, na THB o dia é dividido nos seguintes horários tarifários:

- Horário de Ponta (HP): período diário de três horas consecutivas, com exceção feita aos sábados, domingos e feriados nacionais;

- Horário Intermediário (HI): período de horas conjugadas ao Horário de Ponta, aplicado exclusivamente às unidades consumidoras que optem pela Tarifa Branca. Pode variar de 1 h a 1 h 30 min antes e depois do Horário de Ponta; e

- Horário Fora de Ponta (HFP): período diário composto pelas horas consecutivas e complementares ao Horário de Ponta e Intermediário.

A modalidade Tarifária Horária Verde (THV) e a Azul (THA) são caracterizadas pela cobrança tanto do consumo de energia elétrica quanto da demanda de potência ativa. Ambas segmentam o horário em HP e HFP para a cobrança do consumo. Já a demanda é cobrada sem diferenciar horário para a THV e é segmentada em HP e HFP para a THA.

As modalidades tarifárias estão discriminadas no **Quadro 1**.

Quadro 1 – Modalidade Tarifária

Modalidade Tarifária	Cobrança Consumo de energia	Postos Tarifários	Cobrança Demanda potência ativa	Postos Tarifários
Convencional	Sim	Não há.	Não há.	Não há.
Branca	Sim	HP, HI e HFP	Não há.	Não há.
Verde	Sim	HP e HFP	Sim	Não há.
Azul	Sim	HP e HFP	Sim	HP e HFP

Fonte: REN ANEEL nº 1.000, 2021, adaptado pelos autores.

2.5 Classificação dos Consumidores

Os consumidores são classificados pelo nível de tensão em que são atendidos. Aqueles atendidos em baixa tensão, como residências e boa parte dos edifícios comerciais, são classificados no Grupo B. Já os consumidores atendidos em alta tensão, como indústrias e shopping centers, são classificados no Grupo A.

Há, ainda, os consumidores atendidos por redes elétricas subterrâneas. Esses são classificados no Grupo A, Sub-Grupo AS, mesmo que atendidos em baixa tensão.

Os grupos A e B são subdivididos de acordo com a tensão de atendimento, conforme descrito no **Quadro 2**.

Quadro 2 – Subdivisão dos Grupos de Consumidores

Grupo A	Tensão de conexão	Grupo B	Tensão de conexão
Subgrupo		Subgrupo	
A1	≥ 230 kV	B1: residencial	< 2,3 kV
A2	≥ 88 kV e ≤ 138 kV	B2: rural	< 2,3 kV
A3	= 69 kV	B3: demais classes	< 2,3 kV
A3a	≥ 30 kV e ≤ 44 kV	B4: Iluminação Pública	< 2,3 kV
A4	≥ 2,3 kV e ≤ 25 kV		
AS	< 2,3 kV		

Fonte: REN ANEEL nº 1.000, de 2021, adaptado pelos autores.



2.6 Eficiência Energética

A Eficiência Energética refere-se a ações de diversas naturezas que culminam na redução da energia necessária para atender as demandas da sociedade por serviços de energia sob a forma de luz, calor/frio, acionamento, transportes e uso em processos. Objetiva, em síntese, atender às necessidades da economia com menor uso da energia primária e, portanto, menor impacto da natureza (BRASIL, 2011).

O primeiro choque do petróleo em 1973 deu início à criação de regulamentos energéticos em todo o mundo. Na França, assim como nos Estados Unidos, a partir de 1974, surgiram regulamentos energéticos legais de uso obrigatório, os quais estiveram em constante evolução desde então nestes e em outros países do mundo (PHILIPPI; ROMÉRO; BRUNA, 2004).

No Brasil, foi criado, em 1985, pelos Ministérios de Minas e Energia e da Indústria e Comércio, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), cujo objetivo é “promover a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica, para que se eliminem os desperdícios e se reduzam os custos e os investimentos setoriais”. Em 1992, foi estabelecido o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). Este programa tem como objetivos promover a redução do consumo de energia, estabelecer índices mínimos de eficiência energética e garantir requisitos de segurança em equipamentos e edificações. As informações fornecidas por este programa permitem aos consumidores avaliar o consumo de energia dos equipamentos, de modo a optar por aqueles mais eficientes do ponto de vista energético (BRASIL, 2011).

Já em 1996, foi criada a ANEEL, por meio da Lei nº 9.427/1996, vinculada ao Ministério das Minas e Energia, que tem a finalidade de regular e fiscalizar a produção, transmissão e comercialização de energia elétrica no país. No ano de 2001, outra importante contribuição para a promoção de economia de energia no Brasil foi a publicação, da Lei de Eficiência Energética, Lei nº 10.295/2001, que veio reforçar os mecanismos do PBE, com a determinação do estabelecimento de níveis máximos de consumo ou mínimos de eficiência energética para máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no Brasil, bem como a criação de mecanismos para promover a eficiência energética nas edificações construídas no país (BRASIL, 2001).

Existem, ainda, diversas fontes financiadoras de recursos voltadas para a implementação de projetos, programas e ações em prol da eficiência energética no território nacional. A Chamada Pública de Projetos é uma dessas fontes, por meio da qual a concessionária CEMIG aplica recursos no desenvolvimento do Programa de Eficiência Energética, para o incremento da eficiência energética no uso final de energia elétrica, por meio de projetos executados em instalações de consumidores.

O Comando da Aeronáutica (COMAER) estabeleceu a Diretriz sobre a Gestão de Energia no Comando da Aeronáutica (DCA 14-13/2019). A finalidade desta Diretriz é fomentar, orientar e priorizar a eficiência energética no Comando da Aeronáutica (COMAER), por intermédio do Programa de Eficiência Energética (PEE), em consonância com a Norma Técnica ABNT NBR ISO 50.001, utilizando-se da Instrução Normativa

ICA 400-54, que dispõe da Implantação do Programa de Eficiência Energética do Comando da Aeronáutica, para orientações técnicas e operacionais.

2.7 Consumo Energético em Hospitais

Os hospitais são tipos de edificações complexas, com grande diversidade de atribuições, e pode ser considerado um grande consumidor de eletricidade, da qual depende para viabilizar as diversas atividades realizadas em seu interior.

Estudo elaborado pela Eletrobrás et al. (2008), indica que 12,5% dos custos totais operacionais do setor hospitalar são com energia elétrica e que o uso de equipamentos eletromédicos, climatização artificial e iluminação artificial são responsáveis por cerca de 88% do consumo energético total em hospitais no Brasil.

2.8 Grupo de Saúde de Lagoa Santa

A origem do atualmente denominado Grupo de Saúde de Lagoa Santa remonta aos primórdios do Serviço de Saúde da Aeronáutica, havendo registro fotográfico de sua estrutura desde 1950, conforme **Figura 2**.

Figura 2 - Vista aérea do Hospital em 1950.



Fonte: Dados históricos do PAMA-LS

O hospital resulta da junção das estruturas hospitalares anteriormente subordinadas ao Centro de Instrução e Adaptação da Aeronáutica (CIAAR) e ao Parque de Material Aeronáutico de Lagoa Santa (PAMA-LS). Enquanto no CIAAR havia a Subdivisão de Saúde (SDS), no PAMA-LS existia o Esquadrão de Saúde Reforçado (DESR).

Em uma primeira reestruturação da Guarnição de Aeronáutica de Lagoa Santa (GUARNAE-LS), com a mudança do CIAAR para Lagoa Santa, a SDS e o DESR se fundiram, e o hospital passou a ser subordinado ao CIAAR. Em seguida, com a reestruturação da Força Aérea Brasileira, o Esquadrão de Saúde passou a constituir a estrutura organizacional do Hospital de Força Aérea do Galeão, na condição de Destacamento (Portaria nº 31/GC3, 2018). Atualmente, o hospital recebeu a denominação de Grupo de Saúde de Lagoa Santa e voltou a ser subordinado administrativamente ao CIAAR (Portaria nº 338/GC3, 2022).

De acordo com a NSCA 160-4/2021 o Sistema de Saúde da Aeronáutica (SISAU) tem como Órgãos Executivos, do nível de maior complexidade para o de menor complexidade:

- a) Hospitais de Força Aérea;
- b) Hospitais de Aeronáutica;
- c) Organizações Especiais de Saúde;
- d) Esquadrão de Saúde;
- e) Policlínica de Aeronáutica;
- f) Esquadrilha de Saúde;
- g) Posto Médico;
- h) Seção Médica; e
- i) Seção Aeromédica.

Para ser classificada como Esquadrão de Saúde a OSA deve ter entre 5.000 e 10.000 beneficiários; mais de uma OM apoiada; executar,

além da assistência, atividade operacional, ocupacional ou de apoio a instrução; apresentar distância rodoviária e dificuldade de acesso à OSA a que está subordinada; realizar internações de baixa complexidade por até 72 h; previsão de até 500 internações por ano; e previsão de 15.000 a 30.000 atividades assistenciais anuais dispensadas ao beneficiário.

Dessa forma, o GSAU-LS é classificado como Organização de Saúde de Nível Intermediário e realiza os seguintes atendimentos: cirurgias ambulatoriais, cirurgias de pequeno e de médio porte, procedimentos diagnósticos e terapêuticos em diversas especialidades, ações especializadas em odontologia, serviços de anestesia e patologia clínica, anatomopatologia e Citopatologia, radiodiagnóstico, exames ultrassonográficos e outros exames de diagnose, procedimentos de fisioterapia e outras terapias especializadas. Dispõem de CAIS, Pronto Atendimento/Unidade de Emergência, Serviços de Apoio Diagnóstico e Terapêutico e regime de Internação.

A Diretoria de Saúde da Aeronáutica poderá elevar ou rebaixar o nível de complexidade de determinada Organização de Saúde da Aeronáutica e, conforme previsto na DCA 11-126/2019, foi criado Grupo de Trabalho para estudo de viabilidade para transformar o Esquadrão de Saúde de Lagoa Santa em Hospital de Aeronáutica (HALS). Dessa forma, o consumo de energia tenderia a aumentar em virtude do crescimento do número de usuários do sistema.

2.9 Sistema de Iluminação em Hospitais

De acordo com Vianna e Gonçalves (2001), de 20% a 30% do consumo de energia elétrica

pode ser atribuído à iluminação artificial, nos edifícios hospitalares no Brasil. Grandes quantidades de energia são voltadas também para atividades como aquecimento, esterilização e funcionamento de máquinas.

Nesse contexto, os principais tipos de lâmpadas existentes em hospitais são lâmpadas do tipo incandescentes, halógenas, fluorescentes, de descarga e LED.

2.9.1 Lâmpadas Incandescentes

As lâmpadas incandescentes foram as primeiras a surgir, mas a sua venda hoje é proibida no Brasil e em vários países no mundo por consumirem muita eletricidade (Portaria Interministerial nº 1.007, 2010).

Possui como característica luz amarelada e aconchegante, ótima reprodução de cores e emitem calor.

2.9.2 Lâmpadas Halógenas

Também são consideradas lâmpadas incandescentes, mas por possuírem halogênio, geralmente bromo ou iodo em sua constituição, são chamadas de lâmpadas halógenas.

Algumas destas lâmpadas são ligadas diretamente na tensão de rede 110 V ou 220 V, as quais apresentam baixa eficiência, e outras são ligadas em baixa tensão 12 V, sendo consideradas de alta eficiência.

Possui como característica luz amarelada, ótima reprodução de cores, emitem calor e possuem durabilidade maior que as demais incandescentes.

2.9.3 Lâmpadas Fluorescentes

São as mais utilizadas em ambientes

residencial e comercial, pois apresentam alta eficiência e baixo consumo de energia. São comercializados em três modelos:

- Tubular: a mais comum e antiga das fluorescentes, é necessário o uso de reatores eletrônicos externos;

- Compacta eletrônica: seu acendimento é automático devido ao reator que já faz parte da lâmpada; e

- Compacta não integrada: não apresenta o reator acoplado à lâmpada.

Possui como característica diferentes cores de luz e não emite calor.

2.9.4 Lâmpadas de Descarga (*High Intensity Discharge* - HID)

Uma descarga elétrica entre os eletrodos leva os componentes internos do tubo de descarga a produzirem luz. Este tipo de lâmpada leva de dois a quinze minutos para acender por completo e necessita de reatores eletrônicos para sua ignição e operação.

Possui baixo consumo de energia e a luz produzida é extremamente brilhante, possibilitando a iluminação de grandes áreas, além de serem compactas. Possui, ainda, diferentes qualidades de reprodução de cores e durabilidade variável.

Os modelos de lâmpadas de descarga são multivapores metálicos, vapor de sódio, vapor de mercúrio e lâmpadas mistas.

2.9.5 Lâmpadas com Diodo Emissor de Luz (*Light Emitting Diode* - LED)

São consideradas as lâmpadas mais modernas, de alta tecnologia. Convertem energia elétrica diretamente em energia luminosa, através

de pequenos chips. É considerado um produto ecologicamente correto por consumir pouca energia e possuir uma vida extremamente longa.

Possui como característica baixo consumo de energia, elevada vida útil e não emitem calor.

A tecnologia LED possui como vantagem eficiência, baixo custo de energia elétrica e sustentabilidade.

Com relação à manutenção, possui duração seis vezes maior que as lâmpadas a vapor, havendo menor necessidade de substituição. Com isso, os custos com manutenção serão menores.

No que diz respeito à facilidade de instalação, as luminárias de LED são simples e fáceis. São mais resistentes, pois têm cúpulas fabricadas por meio de mecanismos que previnem danos à pintura e evitam a solda das peças.

Já no que se refere à sustentabilidade, diferente das tecnologias convencionais, o LED não possui elementos tóxicos, como o mercúrio, em sua composição. Desse modo, elas podem ser recicladas e não poluem o meio ambiente.

3 METODOLOGIA

Para desenvolver um Projeto de Eficiência Energética que permita reduzir o consumo de energia elétrica do Grupo de Saúde de Lagoa Santa, este trabalho foi dividido em etapas, iniciando com uma pesquisa bibliográfica, passando pela análise técnica e econômico-financeira e culminando com os resultados e discussões finais do assunto abordado.

Neste sentido, foi realizada uma pesquisa documental sobre projetos de eficiência energética e sobre o Programa Chamada Pública da CEMIG, no intuito de verificar a situação atual

do assunto, bem como compreender os requisitos necessários para participação do GSAU-LS no referido programa. Para isso, foram acessados o *site* institucional da CEMIG, o da Associação Brasileira de Normas Técnicas, o do Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética, além de serem utilizados os mecanismos de busca *Google* acadêmico e *Google Books*, visando encontrar conteúdos basilares para este trabalho. Assim, foram utilizadas as seguintes palavras-chave para a busca do referencial teórico: “eficiência energética em hospitais”, “diagnóstico energético”, “iluminação sustentável”, “lâmpadas LED”, “selo PROCEL de economia de energia”, “*payback*” e “especificação técnica de ar-condicionado”.

3.1 Delineamento da pesquisa

Do ponto de vista dos procedimentos, o tipo de delineamento escolhido foi o de pesquisa de campo que, segundo Prodanov e Freitas (2013), consiste na observação dos fatos e na coleta dos dados referidos a eles, sendo registradas e analisadas as variáveis relevantes. A abordagem foi realizada por meio de contato direto com o ambiente de estudo, sem qualquer manipulação intencional na coleta dos dados, sendo utilizada, portanto, uma pesquisa de caráter qualitativo, a qual busca encontrar a interpretação e a atribuição dos significados dos resultados obtidos (PRODANOV; FREITAS, 2013).

3.2 Análise Técnica

Para calcular a estimativa do consumo de energia, os autores realizaram uma visita *in loco* no GSAU-LS para identificar e quantificar os sistemas de iluminação de todos os ambientes,

bem como verificar suas rotinas de utilização. Importante salientar que o estudo visou considerar a condição de *retrofit*. O objetivo é a troca de lâmpadas por outras mais eficientes, não sendo realizados cálculos de iluminância do ambiente, mantendo as características de instalações elétricas existentes.

Cabe ressaltar que todos os ambientes foram percorridos pelos autores, os quais registraram em planilha específica o quantitativo e especificações de lâmpadas, bem como o dos demais sistemas elétricos, conforme **APÊNDICE A**. Todo percurso foi acompanhado por militares da Seção Técnica do efetivo do GSAU-LS e GAP-LS. Para melhor eficiência da realização do trabalho, os ambientes foram distribuídos nas seguintes áreas: Bloco Frontal, Bloco Central, Bloco Posterior, Bloco Inferior e Bloco Superior, conforme **ANEXO A**. O Bloco Frontal é constituído dos ambientes SAME, Internação, Bloco Cirúrgico, FUNSA, Atividades Complementares e corredores; o Bloco Central é constituído dos ambientes Vestiários, Almojarifado, Farmácia, Faturamento e corredores; o Bloco Posterior é constituído dos ambientes Odontologia, Copa Hospitalar e corredores; o Bloco Inferior é constituído dos ambientes Emergência e corredores; e o Bloco Superior é constituído dos ambientes Administração e corredores.

Além do sistema de iluminação, foi necessário realizar um levantamento dos sistemas de condicionamento de ar e aquecimento/ acionamento para que se pudesse calcular o percentual de cada elemento no consumo de energia elétrica final, conforme discriminado nos itens a seguir.

A. Sistema de Iluminação

A energia consumida por este sistema é significativa em instalações hospitalares, visto que o local funciona 24 horas por dia e as luminárias necessitam ficar acionadas por longo período de tempo. Sendo assim, foi realizado um diagnóstico energético de lâmpadas e reatores presentes na edificação, sendo coletados dados das potências instaladas. Além disso, foram identificados os tipos destes equipamentos instalados na edificação.

Terminada a pesquisa de campo, foi realizado o cálculo da Potência Total do sistema de iluminação (W) e, com a informação do regime de funcionamento, calculado o consumo de energia (kWh) em Horário de Ponta, Fora de Ponta e Total. Esse estudo foi necessário para verificar o percentual demandado pelo sistema de iluminação no consumo final de energia.

Com o percentual definido, foi possível realizar uma proposta de eficiência energética do sistema de iluminação no GSAU-LS, incluindo a substituição das lâmpadas atuais por outras mais eficientes. Importante salientar que as lâmpadas e os projetores de LED já instalados no sistema atual não foram incluídos na proposta de substituição na ação de *retrofit*.

B. Sistemas de Condicionamento de Ar, Aquecimento / Acionamento

Além da energia consumida pelo sistema de iluminação, foi preciso considerar também a energia consumida pelos demais sistemas elétricos. Os hospitais são locais que necessitam de um sistema de condicionamento de ar adequado, pois, segundo a NBR 7256:2005, precisam propiciar aos pacientes e profissionais

da saúde condições gerais de conforto, além de inibir a proliferação de micro-organismos, favorecida por uma alta umidade, e fornecer condições térmicas adequadas para operação de equipamentos especiais. Assim, foi realizado um levantamento de todos os aparelhos de ar condicionado instalados, sendo verificados dados de potência, tipo de aparelho e fabricante.

Para a verificação do consumo de energia em kWh/mês, foi utilizada a informação estabelecida nas especificações técnicas fornecidas pelo fabricante.

Foram relacionados, também, os equipamentos elétricos de aquecimento, ou seja, que geram calor e que, conseqüentemente, são grandes consumidores de energia elétrica, como chuveiros, estufas, fornos elétricos, entre outros. Por fim, foram contabilizados os equipamentos elétricos de acionamento, como computadores, impressoras, televisões, entre outros.

Terminada a pesquisa de campo, foi realizado o cálculo da Potência Total do Sistema de Condicionamento de Ar, Aquecimento/ Acionamento (W) e, com a informação do regime de funcionamento, calculado o consumo de energia (kWh) em Horário de Ponta, Fora de Ponta e Total. Esse estudo foi necessário para verificar o percentual demandado por estes sistemas no consumo final de energia.

O regime de funcionamento dos sistemas foi definido com base nos horários de utilização de cada ambiente, analisados por meio de observações realizadas em cada setor e de entrevista focalizada ao efetivo.

Assim, foi possível mensurar o consumo de energia elétrica atual e compará-lo, por meio da planilha de Relação Custo Benefício (RCB), a um

projeto com equipamentos mais eficientes energeticamente. Ainda, foi possível realizar uma análise de *payback*, ou seja, foi calculado o período de retorno do investimento para o caso de o PEE ser realizado com mão de obra própria ou de terceiros, sem o ingresso na Chamada Pública de Projetos.

3.3 Análise Econômica

Para a análise econômica, este estudo reuniu informações, junto ao GAP-LS, do consumo de energia total de 12 meses do GSAU-LS, por meio de faturas de energia elétrica do período de maio de 2021 a abril de 2022, e calculou-se a média aritmética. Assim, por meio da confecção de um memorial de cálculo, conforme **APÊNDICE A**, foi determinada a estimativa da participação do sistema de iluminação atual no uso final de energia elétrica nas dependências do Grupo de Saúde de Lagoa Santa.

Após isso, utilizando a planilha de cálculo de Relação Custo Benefício, conforme **APÊNDICE B**, foi realizada uma proposta de eficiência energética do sistema de iluminação com lâmpadas mais eficientes e uma avaliação preliminar do projeto para a verificação de inscrição na Chamada Pública da CEMIG e do *payback*.

3.3.1 Cálculo da Relação Custo Benefício

Em um Projeto de Eficiência Energética feito com recurso advindo de uma Concessionária de Energia, o benefício auferido pelo PEE precisa ser maior que aquele que haveria caso o recurso tivesse sido empregado na expansão do sistema elétrico (ANEEL, 2021).

Segundo os critérios de avaliação abordados

pela ANEEL, a Relação Custo Benefício é dada pela **Equação 1**, onde CA_T é o Custo Anualizado Total (R\$/ano) e o BA_T é o Benefício Anualizado Total (R\$/ano).

Equação 1 – Relação Custo Benefício.

$$RCB = \frac{CA_T}{BA_T}$$

Fonte: Módulo 7 do PROPEE 2020.

O CA_T é o somatório do custo anualizado de cada equipamento (CE_n), relacionado com o custo total do projeto (CT), custo total em equipamentos (CE_T), levando em consideração o fator de recuperação do capital (FRC) e a vida útil do equipamento (u), conforme **Equação 2**.

Equação 2 – Custo Anualizado Total (R\$/ano).

$$CA_T = \sum CE_n \cdot \frac{CT}{CE_T} \cdot FRC_u$$

Fonte: Módulo 7 do PROPEE 2020.

O BA_T é a relação da Energia Anual Economizada (EE), em MWh/ano, e o Custo Unitário de Energia (CEE), em R\$/MWh, somado à relação da Demanda Evitada na Ponta (RDP), em kW ano, e o Custo Unitário Evitado da Demanda (CED), em R\$/kW ano, conforme **Equação 3**.

Equação 3 – Benefício Anualizado (R\$/ano).

$$BA_T = (EE \cdot CEE) + (RDP \cdot CED)$$

Fonte: Módulo 7 do PROPEE 2020.

Dessa forma, considera-se que o benefício apurado da energia e da demanda reduzidas ao custo de expansão do sistema deve ser, no mínimo, 25% maior que o custo do projeto. Portanto, a RCB do projeto deve ser igual ou inferior a 0,8 (oito décimos) (ANEEL, 2021).

3.3.2 Análise de *Payback*

O *payback* é um indicador financeiro que representa o tempo necessário para que o valor do investimento inicial seja recuperado por meio dos benefícios incrementais líquidos de caixa, promovidos pelos equipamentos eficientizados (NETO, 2014).

Assim, para o cálculo deste indicador no projeto de iluminação proposto, inicialmente foi calculado o Valor Presente Líquido (VPL), obtido pela diferença entre o valor presente dos fluxos de caixa futuros e o valor presente do custo do investimento (ROSS et al., 2015), conforme **Equação 4**.

Equação 4 – Valor Presente Líquido.

$$VPL = \frac{\text{Fluxo de Caixa}_t}{(1 + i)^t} - (\text{investimento inicial})$$

Fonte: Ross et al. (2015), adaptado pelos autores.

O Fluxo de Caixa é o saldo médio gerado com a economia de energia proposta no período (t), comparando o custo anual do consumo energético do sistema de iluminação existente com o sistema de iluminação proposto. Para a taxa de desconto (i), foi utilizada a média dos últimos doze meses, com referência a abril de 2022, do Índice Nacional de Custo da Construção – Disponibilidade Interna (INCC-DI), do Instituto Brasileiro de Economia da Fundação Getúlio Vargas. Este índice acompanha a variação dos preços dos materiais e da mão de obra das construções mensalmente. Já para o investimento inicial, foram considerados os custos de material e instalação, bem como o Benefício e Despesas Indiretas (BDI), que são custos indiretos atrelados aos insumos e serviços, como Administração Central (AC),

Seguro (S), Garantia (G), Riscos (R), Despesas Financeiras (DF), Lucro (L) e Tributos (T), conforme **Equação 5**.

Equação 5 – Benefício e Despesas Indiretas.

$$BDI = \frac{(1 + AC + S + G + R) \cdot (1 + DF) \cdot (1 + L)}{(1 - T)} - 1$$

Fonte: Acórdão nº 2622/2013, do Tribunal de Contas da União

Os percentuais dos custos indiretos atrelados aos insumos e serviços foram baseados nos valores praticados pela GUARNAE-LS.

Com VPL definido, pode-se, então, calcular o período de *payback*. O método utilizado foi o *Payback* Descontado, no qual os Fluxos de Caixa são trazidos para valor presente líquido a cada mês, conforme **Equação 6**.

Equação 6 – *Payback* Descontado.

$$\sum \left(\frac{\text{Fluxo de Caixa}_t}{(1 + i)^t} \right) = (\text{investimento inicial})$$

Fonte: Neto (2014), adaptado pelos autores.

Dessa forma, como o custo anual do consumo energético proposto é menor que o existente, é possível verificar que o valor deixado de ser gasto com custo de energia gera uma poupança que determina o período de *payback*. Portanto, essa análise possibilita verificar a viabilidade econômica do projeto, sendo realizadas, neste trabalho, de duas formas:

A. Fornecimento de material e mão de obra por licitação; e

B. Aquisição de material por licitação e mão de obra realizada por militares da Seção Técnica do efetivo do GSAU-LS.

4 RESULTADOS

4.1 Análise Técnica

4.1.1 Estimativa de participação do uso final de energia

Para fins de estudo, os sistemas elétricos do Hospital foram classificados em sistemas de iluminação, de ar condicionado e de aquecimento/acionamento. A participação do uso final de energia representa qual a parcela que cada sistema consome dentro do consumo total de energia da unidade consumidora, conforme discriminados nos itens a seguir.

A. Sistema de Iluminação Atual

O quantitativo de lâmpadas de cada bloco foi obtido através de inspeções visuais realizadas durante as visitas em campo que se iniciaram em maio de 2022 e estenderam-se por aproximadamente dois meses. No levantamento, foram identificados 850 pontos de iluminação compostos por 1689 lâmpadas distribuídas de acordo com o apresentado no **Quadro 3**.

Quadro 3 – Tipos de lâmpadas do GSAU-LS.

TIPO DE LÂMPADA	QUANTIDADE
Fluorescente Tubular 32 W	974
Fluorescente Tubular 20 W	122
Fluorescente Compacta 20 W	42
Incandescente 60 W	4
Mista 160 W	8
Vapor de Mercúrio 250 W	5
LED Tubular 18 W	360
LED Tubular 10 W	100
LED Compacta 12 W	61
Projeto LED 50 W	1
Projeto LED 100 W	3
Projeto LED 150 W	4
Projeto LED 200 W	3
Bulbo LED 100 W	2
TOTAL	1689

Fonte: Dados da pesquisa.

O sistema de iluminação atual foi dividido por tipo de lâmpadas da seguinte forma: fluorescente tubular de 32 W e 20 W, fluorescente compacta de 20 W, incandescente 60 W, mista 160 W e vapor de mercúrio 250 W, de acordo com os seus respectivos regimes de funcionamento.

Diante dos dados coletados, ao multiplicar a potência das lâmpadas pela rotina de utilização, obteve-se que, no sistema atual, a participação do uso final de Iluminação é de, aproximadamente, 34% do consumo total de energia, o que corresponde a uma média de **13.359 kWh/mês**.

B. Sistemas de Condicionamento de Ar, Aquecimento/Acionamento

No que diz respeito aos sistemas de condicionamento de ar foram registrados 113 aparelhos, com potências que variam de 7.000 a 60.000 BTU. Os cálculos do consumo de energia elétrica desses aparelhos, de acordo com suas rotinas de utilização, apontaram um consumo médio de **13.202 kWh/mês**, que corresponde a uma parcela de 34% do consumo total de energia elétrica do Hospital.

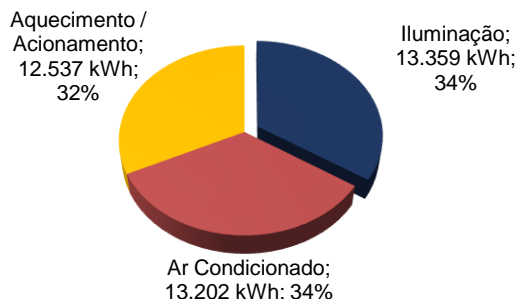
Na verificação dos sistemas de aquecimento/acionamento foram listados chuveiros, balcões térmicos, fornos elétricos, computadores, impressoras, equipamentos hospitalares, entre outros. De acordo com as suas respectivas rotinas de utilização, foi calculado um consumo médio **12.537 kWh/mês**, que corresponde a uma parcela de 32% do consumo total de energia.

O estudo dos sistemas atuais de iluminação, condicionadores de ar e aquecimento/acionamento do GSAU-LS revelou que o

somatório das estimativas de participação de cada uso final de energia é de **39.098 kWh/mês**.

O resumo do consumo médio atual de energia elétrica de todo o complexo hospitalar, considerando cada uso final de energia está representado no **Gráfico 1**.

Gráfico 1 – Consumo médio atual total por tipo de carga.



Fonte: Dados da pesquisa.

4.1.2 Avaliação do histórico de consumo

Após análise das faturas de energia elétrica de maio de 2021 a abril de 2022, foi possível elaborar o histórico de consumo do Hospital conforme apresentado no **Quadro 4**.

Quadro 4 – Consumo de Energia Elétrica pelo GSAU-LS de MAIO 2021 a ABR 2022.

INSERÇÃO DE DADOS FATURA CEMIG			
Mês	Mês/Ano	Consumo Total (HP+HFP) kWh/mês	Demanda Ponta (kW)
Mês 1	mai./2021	35.350	84
Mês 2	jun./2021	34.650	84
Mês 3	jul./2021	32.900	63
Mês 4	ago./2021	34.300	81
Mês 5	set./2021	43.050	133
Mês 6	out./2021	43.050	144
Mês 7	nov./2021	41.650	116
Mês 8	dez./2021	36.750	88
Mês 9	jan./2022	44.450	116
Mês 10	fev./2022	38.150	98
Mês 11	mar./2022	50.750	144
Mês 12	abr./2022	43.750	119
Média mensal		39.900	105

Fonte: Planilha de Cálculo de RCB – CEMIG 2022, adaptada pelos autores.

Somando as médias do consumo de energia no Horário de Ponta (HP) com o consumo no Horário Fora de Ponta (HFP) obteve-se um consumo médio total de **39.900 kWh/mês**, o que corrobora com o somatório dos resultados obtidos no estudo do consumo médio atual da iluminação, do condicionamento de ar e do aquecimento / acionamento que totalizam **39.098 kWh/mês**.

4.1.3 Sistema de iluminação proposto

O sistema proposto prevê a redução das despesas com o consumo de energia e com a manutenção dos sistemas de iluminação, através da aplicação de equipamentos econômicos e de elevada vida útil.

Os estudos sobre os tipos de lâmpadas mais eficientes permitiram verificar que as ações de eficiência energética apropriadas para o sistema atual consistirão na substituição das lâmpadas fluorescentes tubulares de 20 W e 32 W e seus reatores, respectivamente, por lâmpadas de LED tubulares de 9 W e de 18 W, sem a substituição de luminárias, pois são compatíveis com o sistema proposto e encontram-se em bom estado. Em relação às lâmpadas fluorescentes compactas de 20 W e as lâmpadas incandescentes de 60 W, foram propostas substituições por lâmpadas compactas de LED de potência 10 W. Já as lâmpadas mistas de 160 W e as lâmpadas a vapor de mercúrio de 250 W dos refletores, por projetores de LED de 100 W e 200 W, respectivamente, conforme apresentado no **Quadro 5**.

Quadro 5 – Sistema de Iluminação Atual x Sistema de Iluminação Proposto.

Lâmpadas Atuais	Lâmpadas Propostas
Fluorescentes tubulares de 20 W	LED tubular T-8, potência 9 W, base G-13, tensão de alimentação 127/220 Vac, temperatura de cor de 4000 K, IRC maior que 80%, comprimento 600 mm, diâmetro 26 mm.
Fluorescentes tubulares de 32 W	LED tubular T-8, potência 18 W, base G-13, tensão de alimentação 127/220 Vac, temperatura de cor de 4000 K, IRC maior que 80%, comprimento 1200 mm, diâmetro 26 mm.
Fluorescentes compactas de 20 W e Incandescentes de 60 W	LED compacta, potência 10 W, base E-27, tensão de alimentação 127/220 Vac, temperatura de cor de 6.500K, IRC maior que 80%.
Mistas de 160 W	Projektor de LED de 100 W.
Vapor de mercúrio de 250 W	Projektor de LED de 200 W.

Fonte: Dados da pesquisa.

As lâmpadas e os projetores de LED já instalados no sistema atual não foram levados em consideração para a ação de *retrofit*, assim como não foram inseridos nos cálculos do percentual de economia de energia. Logo, os cálculos foram realizados sobre a parcela da iluminação não eficientizada, composta pelas lâmpadas do sistema atual do **Quadro 3**.

4.2 Análise Econômica

Esta análise tem como objetivo demonstrar a viabilidade técnico-econômica da ação de eficiência energética proposta por meio da comparação entre a economia de energia gerada e os investimentos necessários.

4.2.1 Projeção de economia de energia com o sistema proposto

Por meio da planilha de cálculo de Relação Custo Benefício (RCB), disponibilizada no Portal da CPP 2022, foi possível fazer uma comparação da parcela não eficientizada do sistema atual com o sistema proposto de iluminação considerando a substituição das lâmpadas menos eficientes por lâmpadas mais eficientes, conforme apresentado nos **Quadros 6 e 7**.

Quadro 6 – Estimativa de consumo do sistema existente.

CONSUMO POR USO FINAL - SISTEMA EXISTENTE		
Uso final	Consumo mensal kWh/mês	% da instalação
Iluminação	11.409,27	29%

Fonte: Planilha de Cálculo de RCB – CEMIG 2022, adaptada pelos autores.

Quadro 7 - Estimativa de consumo do sistema proposto.

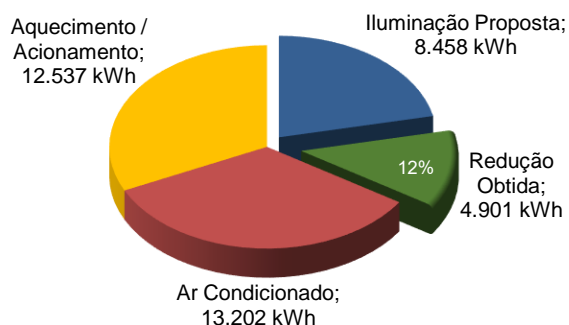
CONSUMO POR USO FINAL - SISTEMA PROPOSTO		
Uso final	Consumo mensal kWh/mês	Energia Evitada %
Iluminação	6.134,55	46%

Fonte: Planilha de Cálculo de RCB – CEMIG 2022, adaptada pelos autores.

O resultado obtido com a substituição das lâmpadas foi uma redução de 46% de Energia Evitada na parcela não eficientizada do sistema atual.

Somando-se o consumo das lâmpadas do sistema proposto em LED com o consumo das lâmpadas do sistema atual, também em LED, obteve-se um novo consumo de 8.458 kWh. Ao comparar este valor ao consumo anterior de 13.359 kWh, verificou-se que foi alcançada uma redução de **12%** da parcela total de participação do uso final de iluminação, conforme representado no **Gráfico 2**.

Gráfico 2 – Redução de consumo de energia com a substituição de lâmpadas.



Fonte: Dados da pesquisa.

4.2.2 Viabilidade econômica de iluminação

Para o cálculo de viabilidade, foi considerada a modalidade tarifária atual do GSAU-LS, a THV. Essa modalidade possui valores de tarifas diferentes para consumo e para demanda, como também para os Horários de Ponta e Fora de Ponta, no caso do consumo. Considerados e aplicados os parâmetros da modalidade tarifária, obteve-se a economia gerada em Reais (R\$) pelo *retrofit* no sistema proposto apresentada no

Quadro 8.

Quadro 8 - Viabilidade Econômica de Iluminação.

Sistema		Energia/ Potência	Tarifa (R\$)	Valores (R\$)	Total (R\$)
Sistema Atual	Fora de Ponta (HFP)	11.690 kWh	0,590	6.908,47	10.987,81
	Ponta (HP)	1.669 kWh	2,163	3.611,72	
	Demanda (kW)	24,80 kW	18,855	467,62	
Sistema Proposto	Fora de Ponta (HFP)	7.404 kWh	0,590	4.375,91	6.946,67
	Ponta (HFP)	1.054 kWh	2,163	2.280,23	
	Demanda (kW)	15,41 kW	18,85	290,54	
Economia Mensal (R\$/Mês)					4.041,14
Economia Anual (R\$/Ano)					48.493,69

Fonte: Dados da pesquisa.

Foi considerada a média dos últimos doze meses das tarifas de demanda e das tarifas de consumo na Ponta e Fora de Ponta.

4.2.3 Custo Contábil

Para efeitos de participação na Chamada Pública de Projetos, o custo contábil total para a implantação do sistema de iluminação proposto é dividido em dois tipos de custo: diretos e indiretos.

Os custos diretos englobam aquisição das lâmpadas e projetores de LED, diagnóstico energético da instalação, gerenciamento do projeto, relatório final e mão de obra para a substituição do sistema atual pelo proposto.

Como custos indiretos são considerados o treinamento e capacitação do efetivo para estimular e consolidar as práticas de eficiência energética, a execução de um plano de medição e verificação de desempenho do projeto, ações de marketing como placas de obra e adesivos e o descarte das lâmpadas fluorescentes e seus reatores, conforme **APÊNDICE C**.

Por meio dos orçamentos recebidos de empresas locais, conforme **ANEXO B**, obteve-se um custo total de **R\$ 203.369,97**.

4.2.4 Cálculo da Relação Custo Benefício

4.2.4.1 Cálculo dos custos

Os custos totais do projeto foram levantados considerando a implantação da ação de eficiência energética proposta no GSAU-LS. Os custos são considerados sob a ótica do Programa de Eficiência Energética, em que os benefícios são comparados aos custos aportados efetivamente pelo PEE.

O cálculo dos custos anualizados segue a metodologia descrita no **ANEXO C** - Módulo 7 do PROPEE 2020, considerando a vida útil de acordo com o regime de funcionamento de cada grupo de lâmpada. O resultado deste cálculo é demonstrado no **Quadro 9**.

Quadro 9 – Custo Anualizado total de iluminação.

MATERIAIS E EQUIPAMENTOS		ORIGEM DOS RECURSOS
Materiais e equipamentos	Vida útil (anos)	CAPEE (R\$)
LED Tubular T-8 120cm	13,70	R\$ 1.296,79
	11,84	R\$ 971,58
	8,56	R\$ 382,99
	9,47	R\$ 11.632,72
	7,89	R\$ 464,04
	5,71	R\$ 1.262,64
	7,89	R\$ 4.002,36
	5,71	R\$ 222,82
	4,28	R\$ 1.411,03
	5,92	R\$ 3.536,21
LED Tubular T-8 60cm	3,95	R\$ 806,55
	2,85	R\$ 3.883,10
	11,84	R\$ 213,98
	9,47	R\$ 576,81
	7,89	R\$ 749,46
	5,71	R\$ 239,91
	5,92	R\$ 233,11
LED Compacta	4,28	R\$ 227,89
	3,95	R\$ 325,66
	2,85	R\$ 1.081,28
	13,70	R\$ 259,81
	11,84	R\$ 37,75
Projector LED	9,47	R\$ 327,10
	5,71	R\$ 222,21
	9,47	R\$ 65,42
Conectores JACK 22 - 02 pinos	5,92	R\$ 123,38
	5,71	R\$ 1.527,72
Custo anualizado total iluminação	5,71	R\$ 2.252,27
	20,00	R\$ 315,01
Custo anualizado total iluminação		38.651,59

Fonte: Planilha de Cálculo de RCB – CEMIG 2022, adaptada pelos autores.

4.2.4.2 Cálculo dos benefícios

Os benefícios são avaliados sob a ótica do sistema elétrico, valorando as Economias de Energia e Redução de Demanda. Os valores do Custo Unitário Evitado da Demanda (CED) e do Custo Unitário de Energia (CEE) foram calculados conforme metodologia definida no **ANEXO C**. Para o desenvolvimento do cálculo foi considerada a tarifa de energia vigente no GSAU-LS, a THV. Como resultado do estudo obteve-se um **CED = 707,73 R\$/kW ano**; e um **CEE = 370,67 R\$/MWh**. Isso proporcionaria um Benefício Anualizado de Iluminação na ordem de **R\$ 29.053,68**, conforme **Quadro 10**.

Quadro 10 – Benefícios Esperados com o retrofit da iluminação.

ILUMINAÇÃO - RESULTADOS ESPERADOS			TOTAL
Redução de Demanda na Ponta	kW	RDPI	7,90
CED =	707,73	RDPI%	46,28%
Energia Economizada	MWh/ano	EEi	63,30
CEE =	370,67	EEi%	46,23%
Benefício anualizado iluminação	R\$	BILUM	29.053,68

Fonte: Planilha de Cálculo de RCB – CEMIG 2022, adaptada pelos autores.

4.2.4.3 Relação custo benefício

A RCB de iluminação do projeto, que considera a ação de eficiência energética proposta implementada nas instalações do Hospital juntamente com as somas dos custos e benefícios totais, é apresentada no **Quadro 11**.

Quadro 11 – Cálculo da Relação Custo-Benefício do Sistema Proposto.

CÁLCULO DA RELAÇÃO CUSTO-BENEFÍCIO					
Uso Final	Energia Economizada (MWh/ano)	Redução de Demanda na Ponta (kW)	Custo Anualizado PEE (R\$)	Benefício Anualizado total (R\$)	RCB _{PEE}
Total	63,30	7,90	38.651,59	29.053,68	1,33

Fonte: Planilha de Cálculo de RCB – CEMIG 2022, adaptada pelos autores.

4.2.4.4 Avaliação da RCB

O critério chave que norteia a avaliação econômica de viabilidade de um projeto do PEE é que a RCB calculada pela ótica do sistema elétrico e do ponto de vista do PEE seja igual ou inferior a 0,8 (oito décimos). (ANEEL, 2021).

Logo, o resultado da RCB encontrado neste estudo no valor de **1,33** demonstra a inviabilidade econômica da inscrição do presente projeto na CPP para a substituição do sistema de iluminação atual do GSAU-LS pelo sistema de iluminação proposto.

4.2.5 Análise de Payback

O método para analisar a viabilidade econômica da substituição do sistema atual de iluminação pelo sistema proposto neste trabalho é o *payback* descontado, no qual pode se determinar o tempo em que o investimento aplicado será restituído. Esse método leva em consideração o investimento inicial aportado e o fluxo de caixa, trazidos para Valor Presente Líquido.

Conforme demonstrado no **Quadro 8**, a implantação do sistema de iluminação proposto prevê uma economia de energia elétrica mensal de R\$ 4.041,14. Esse é o fluxo de caixa que, poupado mensalmente e descontado do VPL, servirá para amortizar o investimento inicial até o momento do retorno total do valor investido.

Ainda, sabendo que a inflação tende a desvalorizar o dinheiro, foi considerada uma taxa, para o cálculo, que é a média dos últimos doze meses do INCC-DI, com referência a abril de 2022. Segundo o índice de preço INCC-DI (FGV, 2022), o acumulado dos doze últimos meses ficou

em 11,52%, o que estabelece uma taxa média mensal de **0,96%**.

Com esses dados, foram analisadas duas formas para a verificação de liquidez da aplicação, conforme os itens a seguir.

4.2.5.1 Fornecimento de material e mão de obra por licitação

Neste cenário, o investimento inicial foi estimado como o somatório das despesas de aquisição de material e mão de obra para instalação das lâmpadas. Esses custos foram estimados por meio de composições do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), tendo como referência a composição analítica não desonerada, de agosto de 2022, do estado de Minas Gerais, conforme **APÊNDICE D**. Como as composições SINAPI não contemplam BDI, conforme **ANEXO D**, foi adicionado um índice de referência de 29,19% sobre material e mão de obra para a contratação, calculado na **Equação 5**, com base no Acórdão nº 2622/2013-TCU, descrito no **ANEXO E**. A despesa referente ao serviço de descarte de lâmpadas e reatores substituídos foi cotada por empresa local, conforme **ANEXO F**.

Assim, o valor estimado para a aquisição e substituição das lâmpadas do sistema proposto pela contratação de terceiros, já inclusa a cotação de descarte de materiais, foi de **R\$ 43.111,97**, conforme **Quadro 12**.

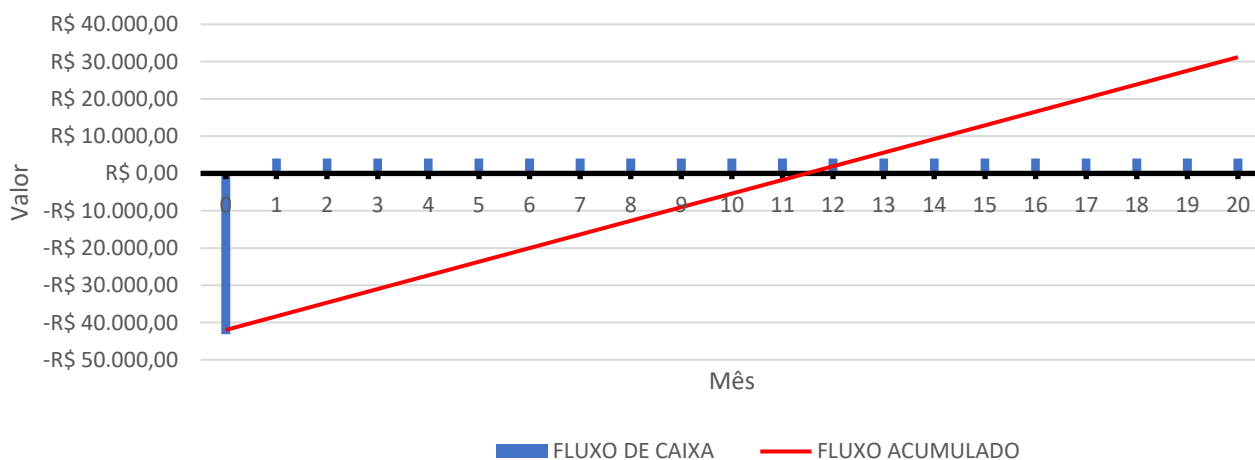
Quadro 12 – Valor Estimativo da Contratação por licitação.

ITEM	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	VALOR	BDI	VALOR TOTAL
1	Fornecimento de LED tubular T-8, potência 9 W, base G-13, tensão de alimentação 127/220 Vac, temperatura de cor de 4000 K, IRC maior que 80%, comprimento 600 mm, diâmetro 26 mm.	122	R\$ 1.581,73	29,19%	R\$ 2.043,44
2	Fornecimento de LED tubular T-8, potência 18 W, base G-13, tensão de alimentação 127/ 220 Vac, temperatura de cor de 4000 K, IRC maior que 80%, comprimento 1200 mm, diâmetro 26 mm.	974	R\$ 17.945,95		R\$ 23.184,37
3	Fornecimento de LED compacta, potência 10 W, base E-27, tensão de alimentação 127/220 Vac, temperatura de cor de 6.500K, IRC maior que 80%.	46	R\$ 432,40		R\$ 558,62
4	Fornecimento de Projetor LED 100 W	8	R\$ 989,68		R\$ 1.278,57
5	Fornecimento de Projetor LED 200 W	5	R\$ 1.453,55		R\$ 1.877,84
6	Serviço de substituição de Lâmpadas fluorescentes, incandescentes, mistas e de vapor de mercúrio por lâmpadas LED, sem a substituição das luminárias	1155	R\$ 9.651,77		R\$ 12.469,12
7	Serviço de descarte de Lâmpadas	1155	R\$ 1.270,50	0,00%	R\$ 1.270,50
8	Serviço de descarte de Reatores	553	R\$ 429,51		R\$ 429,51
VALOR ESTIMATIVO DA CONTRATAÇÃO POR LICITAÇÃO					R\$ 43.111,97

Fonte: Dados da pesquisa.

Como resultado da análise de *payback*, descontados do VPL, observou-se que o retorno considerando o investimento inicial de do investimento seria alcançado em **11,31** R\$ 43.111,97 e o aporte de R\$ 4.041,14 mensais, **meses**, conforme apresentado no **Gráfico 3**.

Gráfico 3 – ANÁLISE DE PAYBACK - Contratação por licitação.



Fonte: Dados da pesquisa.

4.2.5.2 Aquisição de material por licitação e mão de obra realizada por militares da Seção Técnica do GSAU-LS.

Neste cenário, assim como na contratação por licitação do material e da mão de obra, o investimento inicial foi estimado como o somatório das despesas de aquisição de material e mão de obra para instalação das lâmpadas. Esses custos foram estimados por composições do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), tendo como referência a composição analítica desonerada, de agosto de 2022, do estado de Minas Gerais, porém com alteração na composição, principalmente, do Auxiliar de Eletricista e do Eletricista, substituídos, respectivamente, por valor unitário de Mão de Obra baseado no salário de um Soldado Especializado de Primeira Classe,

R\$ 15,87, e no salário base de um Terceiro Sargento, R\$ 32,38, conforme **APÊNDICE E**. Para este caso, não foi adicionado BDI sobre a mão de obra, por se tratar de serviço realizado pela FAB. Já para a aquisição de material, foi adicionado um BDI diferenciado de 14,02%, em virtude de o Acórdão nº 2622/2013-TCU sugerir a utilização desse índice para itens de mero fornecimento de materiais, descrito no **ANEXO E**.

A despesa referente ao serviço de descarte de lâmpadas e reatores substituídos foi cotada por empresa local, conforme **ANEXO F**.

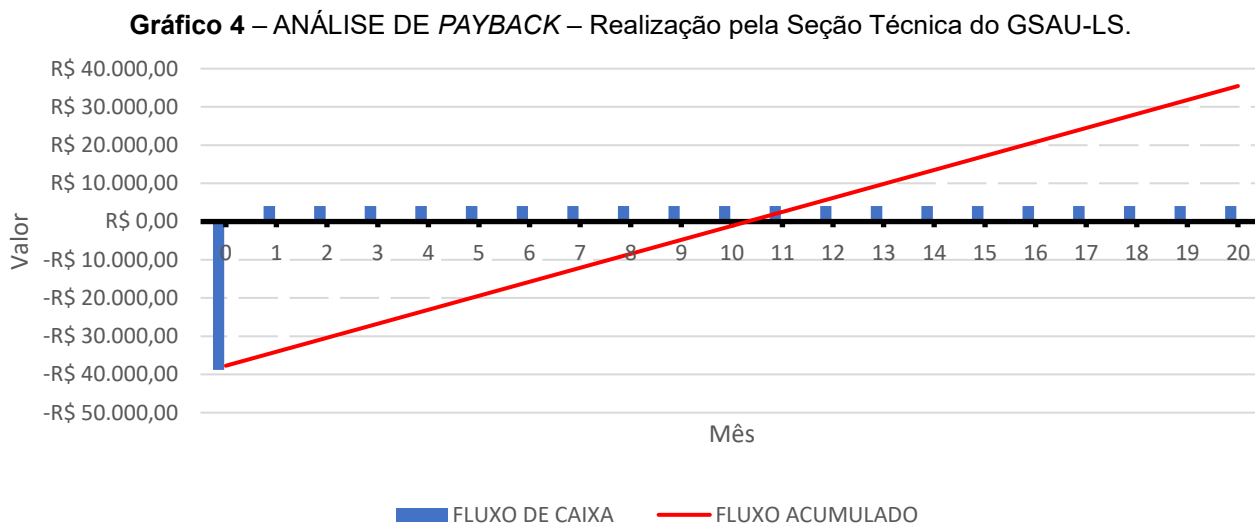
Assim, o valor estimado para a aquisição e substituição das lâmpadas do sistema proposto com realização do serviço pela Seção Técnica do GSAU-LS, já inclusa a cotação de descarte de materiais, foi de **R\$ 38.849,48**, conforme **Quadro 13**.

Quadro 13 – Valor Estimativo da realização pela Seção Técnica do GSAU-LS.

ITEM	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	VALOR	BDI	VALOR TOTAL
1	Fornecimento de LED tubular T-8, potência 9 W, base G-13, tensão de alimentação 127/220 Vac, temperatura de cor de 4000 K, IRC maior que 80%, comprimento 600 mm, diâmetro 26 mm.	122	R\$ 1.631,14	14,02%	R\$ 1.859,83
2	Fornecimento de LED tubular T-8, potência 18 W, base G-13, tensão de alimentação 127/220 Vac, temperatura de cor de 4000 K, IRC maior que 80%, comprimento 1200 mm, diâmetro 26 mm.	974	R\$ 18.340,42		R\$ 20.911,75
3	Fornecimento de LED compacta, potência 10 W, base E-27, tensão de alimentação 127/220 Vac, temperatura de cor de 6.500K, IRC maior que 80%.	46	R\$ 432,40		R\$ 493,02
4	Fornecimento de Projetor LED 100 W.	8	R\$ 989,68		R\$ 1.128,43
5	Fornecimento de Projetor LED 200 W.	5	R\$ 1.453,55		R\$ 1.657,34
6	Serviço de substituição de Lâmpadas fluorescentes, incandescentes, mistas e de vapor de mercúrio por lâmpadas LED, sem a substituição das luminárias.	1155	R\$ 11.099,11	0,00%	R\$ 11.099,11
7	Serviço de descarte de Lâmpadas.	1155	R\$ 1.270,50		R\$ 1.270,50
8	Serviço de descarte de Reatores.	553	R\$ 429,51		R\$ 429,51
VALOR ESTIMATIVO DA REALIZAÇÃO PELA SEÇÃO TÉCNICA DO GSAU-LS					R\$ 38.849,48

Fonte: Dados da pesquisa.

Como resultado da análise de *payback*, descontados do VPL, observou-se que o retorno considerando o investimento inicial de R\$ 38.849,48 e o aporte de R\$ 4.041,14 mensais, do investimento seria alcançado em **10,14 meses**, conforme apresentado no **Gráfico 4**.



Fonte: Dados da pesquisa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os setores hospitalares em geral possuem um elevado consumo para assegurar suas atividades, sendo, por isso, justificada a necessidade de reduzir e melhorar a eficiência do sistema elétrico, visando segurança e continuidade desse sistema.

Através da análise do sistema de iluminação foi possível entender as necessidades do GSAU-LS e propor possibilidades de melhorias adequadas nesta instalação.

A partir da análise tarifária, foi identificado um elevado consumo de energia, conforme já previsto em unidades hospitalares. E, após análise econômica, foi possível perceber que 34% deste consumo era devido ao Sistema de Iluminação. Com o Programa de Eficiência Energética proposto neste trabalho, verificou-se uma redução de 12% do consumo de energia,

valor bastante significativo do consumo total da edificação, o que traz uma economia satisfatória na tarifa de energia do hospital.

Entretanto, o resultado da RCB encontrado neste estudo, no valor de **1,33**, demonstrou a inviabilidade econômica da inscrição na Chamada Pública de Projeto. Foi possível perceber que a não aceitação do projeto foi devido aos altos custos indiretos exigidos pelo edital da CPP da CEMIG, como treinamento e capacitação do efetivo para estimular e consolidar as práticas de eficiência energética, a execução de um plano de medição e verificação de desempenho do projeto, que precisam ser, necessariamente, contratados de terceiros. Como o custo com esses itens ficou muito maior que o custo com material e mão de obra, não foi conseguida uma viabilidade econômica, o que poderia ser diferente, caso o Programa de

Eficiência Energética fosse realizado para toda a Guarnição de Aeronáutica de Lagoa Santa.

Por outro lado, foi verificado um período de *payback* baixo para a substituição do sistema atual de iluminação pelo sistema proposto neste trabalho. Esses períodos, de **11,31 meses** para a contratação por licitação e **10,14 meses** para a realização pela Seção Técnica do GSAU-LS, revelaram-se bastante atrativos, levando em consideração o aspecto econômico-financeiro e, além disso, a busca pela sustentabilidade nas organizações da FAB, proporcionando a redução de impactos ambientais.

Assim, os resultados encontrados demonstram-se de grande relevância para os Gestores do GSAU-LS, visto que são subsídios para uma tomada de decisão sobre a parte energética do hospital.

Para trabalhos futuros, esta pesquisa sugere a possibilidade de um estudo que englobe a substituição do sistema atual de iluminação e a implantação de uma usina fotovoltaica, visando a inscrição na Chamada Pública da CEMIG, buscando, com isso, aprofundamento sobre o tema de eficiência energética em hospitais.

REFERÊNCIAS

ANEEL, Resolução Normativa ANEEL nº 1.000, de 7 de dezembro de 2021. **Estabelece as Regras de Prestação do Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica**. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-normativa-aneel-n-1.000-de-7-de-dezembro-de-2021-368359651>>. Acesso em: 25 jul. 2022.

BARRIENTOS, M.I.G.G. **Retrofit de Edificações**. 2004. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em <<https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/1652/4/650378.pdf>>. Acesso em 19 set. 2022.

BRASIL. ABNT NBR ISO 50001:2018 - **Sistemas de gestão da energia - Requisitos com orientações para uso**. Rio de Janeiro, 2018.

BRASIL. ABNT NBR 7256:2005 - **Tratamento de ar em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) - Requisitos para projeto e execução das instalações**. Rio de Janeiro, 2005.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Comando-Geral do Pessoal. Portaria COMGEP nº 2.449/3SC, de 10 de novembro de 2017. **Aprova a Edição da Norma sobre a Organização e Funcionamento do Serviço de Saúde da Aeronáutica = NSCA 160-4**. Boletim do Comando da Aeronáutica, Rio de Janeiro, RJ, n. 195, 14 nov. 2017.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Comando-Geral do Pessoal. Portaria COMGEP nº 31/DCS, de 18 de novembro de 2019. **Aprova a edição da Diretriz que estabelece a Reestruturação do Sistema de Saúde da Aeronáutica=DCA 11-126**. Boletim do Comando da Aeronáutica, Rio de Janeiro, RJ, n. 218, 29 nov. 2019.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Gabinete do Comandante da Aeronáutica. Portaria nº 338/GC3, de 2 de agosto de 2022. **Altera a estrutura do Sistema de Saúde da Aeronáutica (SISAU) e a subordinação de seus elos**. Boletim do Comando da Aeronáutica, Rio de Janeiro, RJ, n. 146, 05 ago. 2022.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Gabinete do Comandante da Aeronáutica. Portaria nº 1.408/GC3, de 13 de agosto de 2019. **Aprova a edição da Diretriz que dispõe sobre a Gestão de Energia no Comando da Aeronáutica=DCA 14-13**. Boletim do Comando da Aeronáutica, Rio de Janeiro, RJ, n. 144, 15 ago. 2019.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado Maior da Aeronáutica. Portaria EMAER nº 25/4SC1, de

29 de junho de 2018. **Aprova a edição da Instrução que dispõe sobre a Implantação do Programa de Eficiência Energética (PEE) no âmbito do COMAER=ICA 400-54.** Boletim do Comando da Aeronáutica, Rio de Janeiro, RJ, n. 114, 05 jul. 2018.

BRASIL. Lei n. 9.427, de 26 de dezembro de 1996. **Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências.** Brasília, 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19427cons.htm>. Acesso em: 03 abr. 2022.

BRASIL. Lei n. 9.991, de 24 de julho de 2000. **Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências.** Brasília, 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19991.htm>. Acesso em: 03 abr. 2022.

BRASIL. Lei n. 10.295, de 17 de outubro de 2001. **Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia.** Brasília, 2001. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10295.htm>. Acesso em: 03 abr. 2022.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. Departamento de Desenvolvimento Energético. **Plano Nacional de Eficiência Energética: Premissas e Diretrizes Básicas.** Brasília, 2011. Disponível em: <<https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00052.pdf>>. Acesso em: 03 abr. 2022.

BRASIL. Portaria Interministerial nº 1.007. **Aprova a Regulamentação Específica de Lâmpadas Incandescentes.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 06 jan. 2011.

CEMIG. **Módulo 7 do PROPEE 2020.** Minas Gerais. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2021/10/PROPEE-2020.zip>>. Acesso em: 03 ago. 2022.

CEMIG. **Regulamento da Chamada Pública de Projetos de Eficiência Energética CEMIG D nº 001/2022.** Minas Gerais. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/chamada-publica/programa-de-eficiencia-energetica-2022>>. Acesso em: 03 ago. 2022.

Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética. **PROCEL: Capacitação sobre Eficiência Energética e Economia de Energia no Poder Público, 2021.** Página inicial. Disponível em: <<http://www.procel.gov.br/main.asp?View=%7B5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98%7D&Team=¶ms=itemID=%7B00B35D62-59E3-4A34-BF7B-CF15FEFE5A16%7D;&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>>. Acesso em: 28 ago. 2022.

ELETROBRÁS. **Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL;** Consórcio ECOLUZ/PUC-RIO. Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso - Ano Base 2005 - Classe Comercial Alta Tensão - Relatório Brasil. Rio de Janeiro: Gráfica da Eletrobrás – DAAG, 2008. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98}&Team=¶ms=itemID={9B879391-1D29-4834-8554-34E61FBD1AA9}%3B&UIPartUID={05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18}>>>. Acesso em: 03 abr. 2022.

Empresa de Pesquisas Energéticas. **EPE: Atlas da Eficiência Energética, 2022.** Página inicial. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/atlas-da-eficiencia-energetica-brasil-2021>>. Acesso em: 25 jul. 2022.

Empresa de Pesquisas Energéticas. **EPE: Balanço Energético Nacional, 2022.** Página inicial. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2022>>. Acesso em: 25 jul. 2022.

FGV. **Índice Nacional de Custo da Construção, 2022**. Disponível em: <<http://indiceeconomicos.secovi.com.br/indicadormensal.php?idindicador=59>>. Acesso em: 07 ago. 2022.

International Energy Initiative. **IEI Brasil: Tipos de Lâmpadas, 2022**. Página inicial. Disponível em: <https://iei-brasil.org/2019/09/24/tipos-de-lampadas/?gclid=Cj0KCQjwxb2XBhDBARIsAOjDZ36X29tKNkmc76JCw-g85zI2sRpTyjhrVfHqnWGZodXuZezUu2RqCpcaAoQAEALw_wcB>. Acesso em: 07 ago. 2022.

NETO, A. A. **Finanças Corporativas e Valor**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

NOGUEIRA, F. J. **Avaliação experimental de luminárias empregando LED orientadas à iluminação pública**. 2013. Dissertação de Mestrado em sistemas eletrônicos - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, 2013.

Operador Nacional do Sistema Elétrico. **ONS: Sobre o Sistema Interligado Nacional, 2022**. Página inicial. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-sistema-em-numeros>>. Acesso em: 25, jul. 2022.

PHILIPPI, J.A.; ROMÉRO, M.A.; BRUNA, G.C. **Energia nos Edifícios e na Cidade. Curso de gestão ambiental**. Barueri, SP: Manole, 2004.

PRODANOV, C.C; FREITAS, E.C. **Metodologia de Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RODRIGUES, C. R. B. S. **Contribuições ao uso de diodos emissores de luz em iluminação pública. 2012**. Dissertação de Mestrado em sistemas eletrônicos - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, 2012.

ROSS, S. et al. **Administração Financeira Corporate finance**. 10. ed. São Paulo: AMGH, 2015.

VIANNA, N.S.; GONÇALVES, J.C.S. **Iluminação e arquitetura**. 3. ed. São Paulo: Geros s/c Ltda, 2001.

VOITILLE, Nadine. **Clique Arquitetura: Saiba escolher a lâmpada ideal: quais os tipos, sua eficiência e onde são usadas**, 2018. Disponível em: <<https://www.cliquearquitetura.com.br/artigo/tipos-de-lampadas.html>>. Acesso em: 07 ago. 2022.

APÊNDICE A – Levantamento de Cargas do GSAU-LS;

APÊNDICE B – Planilha de Cálculo de Relação Custo Benefício;

APÊNDICE C – Planilha de Custos Diretos e Indiretos;

APÊNDICE D – Composição analítica de fornecimento de material e mão de obra por licitação;

APÊNDICE E – Composição analítica de aquisição de material por licitação e mão de obra realizada por militares da Seção Técnica do GSAU-LS.

ANEXO A – Planta do GSAU-LS;

ANEXO B – Orçamentos de empresas locais;

ANEXO C – Módulo 7 do PROPEE 2020;

ANEXO D – Composições do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI);

ANEXO E – Acórdão nº 2622/2013, do Tribunal de Contas da União e Memória de Cálculo do BDI do Grupamento de Apoio de Lagoa Santa; e

ANEXO F – Orçamento de descarte de lâmpadas e reatores substituídos.