

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
UNIVERSIDADE ABERTA DO BRASIL
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA APLICADA AOS PROCESSOS
PRODUTIVOS

Hudson Ferracin de Souza

**APLICAÇÃO DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO ECONÔMICA
DO PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA
ANEEL EM UM HOTEL DE FOZ DO IGUAÇU - PR**

Foz do Iguaçu, PR
2019

Hudson Ferracin de Souza

**APLICAÇÃO DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO
PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ANEEL EM UM
HOTEL DE FOZ FOZ DO IGUAÇU- PR**

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos (EAD), Polo UAB Foz do Iguaçu, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Especialista em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivo.**

Orientador: Prof. Dr. Geomar Martins

Foz do Iguaçu, PR
2019

Hudson Ferracin de Souza

**APLICAÇÃO DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO
PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ANEEL EM UM
HOTEL DE FOZ DO IGUAÇU – PR**

Trabalho de conclusão apresentado ao curso de Especialização em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos (EAD), da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Especialista em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivo.**

Aprovado em 16 de fevereiro de 2019:

Geomar Martins, Dr. (UFSM)

Flávio Dias Mayer, Dr. (UFSM)

Natanael, Dr. (UFSM)

Foz do Iguaçu, PR
2019

AGRADECIMENTOS

Há tanto a agradecer...

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado força e sabedoria nos momentos de dificuldade e ter colocado pessoas tão incríveis e significativas em minha vida como meu pai Antonio Pereira de Souza e minha mãe Cleide Ferracin de Souza que sempre me apoiaram e me incentivaram.

Gostaria de agradecer também a minha namorada Carla Elias de Moura pela paciência e por me ajudar a ser melhor a cada dia.

Gostaria de agradecer especialmente ao meu orientador Geomar Martins suas orientações foram fundamentais em todos os aspectos.

Gostaria de agradecer a pedagoga Simoni Hermes, pela dedicação e apoio e por me representar frente as burocracias da Universidade, fazendo acreditar que seria possível finalizar este curso.

Gostaria de agradecer ao professor Flávio Mayer pela disponibilidade e compromisso com o trabalho.

Gostaria de agradecer a todos os professores do programa de eficiência energética aplicada aos processos produtivos da UFSM, não aos hipócritas!

E por fim, a UFSM e a UAB, pela oportunidade proporcionada de fazer o curso.

A vida é Senoidal.
(Geraldo de Carvalho Brito)

RESUMO

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ANEEL EM UM HOTEL DE FOZ DO IGUAÇU – PR

AUTOR: Hudson Ferracin de Souza

ORIENTADOR: Geomar Martins

Os altos índices de consumo de energia elétrica mobilizaram diversos países a buscar alternativas visando a racionalização desse consumo através da aplicação da eficiência energética, cujo implemento de suas medidas também possibilita desenvolvimento econômico. O Brasil conta com os procedimentos do Programa de Eficiência Energética – PROPEE, aprovado pela Resolução Normativa nº 830/2018, dentre outras normas que apoiam a incorporação de energias renováveis e aumento de alternativas de eficiência energética. Diante disso, este estudo tem como base a implementação de algumas políticas energéticas brasileiras e a observação do impacto por elas provocado em um estabelecimento hoteleiro na cidade de Foz do Iguaçu - Paraná. A avaliação dos consumos de energia do hotel revelou algumas áreas de intervenção, com a finalidade de diminuir o consumo de energia elétrica. Esta pesquisa analisou as vantagens econômico-financeiras obtidas com a substituição de um sistema de iluminação no segmento hoteleiro, levando em conta fatores técnicos, econômicos e financeiros, estimados períodos de retorno de investimento, juntamente com redução de consumos energéticos e poupanças anuais, para que fosse justificado o investimento inicial. A medida implementada foi a substituição dos sistemas de iluminação por tecnologia LED. Mediante a aplicação de tal medida, verificou-se uma redução de aproximadamente 53% no consumo de energia elétrica referente ao sistema de iluminação do hotel com um período de retorno do investimento de 43 meses levando em conta o IPCA do período.

Palavras chave: diagnóstico energético, eficiência energética, análise econômico financeira.

ABSTRACT

APPLICATION OF THE ECONOMIC EVALUATION METHOD OF ANEEL'S ENERGY EFFICIENCY PROGRAM AT A HOTEL OF FOZ DO IGUAÇU – PR

AUTHOR: Hudson Ferracin de Souza

ADVISOR: Geomar Martins

The high rates of consumption of electric energy mobilized several countries to seek alternatives to rationalize this consumption through the application of energy efficiency, whose implementation of their measures also enables economic development. Brazil has the procedures of the Energy Efficiency Program - PROPEE, approved by Normative Resolution No. 830/2018, among other norms that support the incorporation of renewable energies and increase of energy efficiency alternatives. Therefore, this study is based on the implementation of some Brazilian energy policies and the observation of the impact caused by them in a hotel establishment in the city of Foz do Iguaçu - Paraná. The evaluation of the energy consumption of the hotel revealed some areas of intervention, in order to reduce the consumption of electric energy. This research analyzed the economic-financial advantages obtained by replacing a lighting system in the hotel segment, taking into account technical, economic and financial factors, estimated periods of return on investment, together with reduction of energy consumption and annual savings, so that the initial investment was justified. The measure implemented was the replacement of lighting systems with LED technology. By applying such a measure, there was a reduction of approximately 53% in electricity consumption related to the hotel's lighting system with a return period of 43 months, taking into account the IPCA of the period.

Keywords: energy diagnosis, energy efficiency, economic and financial analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Distribuição do consumo de energia elétrica no setor hoteleiro.....	18
Figura 4.1 - Energia Consumida em [kWh] – Hotel	28
Figura 4.2 - Demanda do Hotel em [kW]	28
Figura 4.3 - Consumo de energia por tecnologia de uso final	30
Figura 4.4 - Quadro de caracterização do projeto	32
Figura 4.5 - Quadro resumo dos resultados	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Informações referente ao projeto de eficiência energética	25
Tabela 4.1 - Consumo de energia por tecnologia de uso final	29
Tabela 4.2 - Relação Custo benefício – sistema de iluminação existente.....	33
Tabela 4.3 - Relação custo benefício – sistema de iluminação proposto	33
Tabela 4.4 - Custo de aquisição e vida útil dos equipamentos	34
Tabela 4.5 - Custos do sistema de iluminação.....	35
Tabela 4.6 - Resultado - 1	37
Tabela 4.7 - Resultado - 2.....	37
Tabela 4.8 - Resultado – 3	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
COPEL	Companhia Paranaense de Energia Elétrica
CPFL	Grupo Companhia Paulista de Força e Luz
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
ND	Número de dias
NM	Número de meses
NUP	Número de horas de utilização em horário de ponta
PEE	Programa de Eficiência Energética
PROPEE	Procedimentos do Programa de Eficiência Energética
RCB	Relação Custo Benefício
RGE	Rio Grande Energia
ROL	Receita Operacional Líquida
TIR	Taxa Interna de Retorno
VPL	Valor Presente Líquido
FCP	Fator de coincidência na ponta

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	OBJETIVOS	15
1.1.1	Objetivo Geral.....	15
1.1.2	Objetivos Específicos.....	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	O PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ANEEL.....	16
2.2	SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO	18
2.3	CÁLCULO DOS INDICADORES ENERGÉTICOS.....	19
2.4	CÁLCULO DA RELAÇÃO CUSTO BENEFÍCIO	20
2.4.1	Cálculo dos custos.....	20
2.5	CÁLCULO DOS BENEFÍCIOS.....	22
2.5.2	Cálculo da relação custo benefício	23
3	METODOLOGIA	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	27
4.1	ANÁLISE DAS FATURAS DE ENERGIA	27
4.2	IDENTIFICAÇÃO DE CADA TIPO DE USO FINAL.....	29
4.3	SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	30
4.4	INSERÇÃO DOS DADOS NA PLANILHA RCB	31
4.5	RESULTADOS.....	35
5	CONCLUSÕES.....	39
5.1	SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	40
6	REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

Reconhecer problemas como emissões de gases do efeito estufa, escassez de energia e segurança energética foram os principais aspectos norteadores para a construção da norma ISO 50.001 a qual permite que as organizações possam melhorar o seu desempenho energético através do estabelecimento de sistemas e processos de melhoria contínua (ABNT, 2011).

A partir da reflexão sobre o crescimento populacional, escassez de recursos naturais e energéticos são fatores que aproximam os pesquisadores de conceitos como o de Eficiência Energética, definida como a otimização capaz de ser realizada no consumo de energia (ANDRADE, 2012; LEÓN, 2017).

Diante disso a utilização de novas tecnologias que se destinam a diminuir o consumo de energia elétrica são estratégias que visam o aumento da eficiência energética, podendo ser empregada nos mais diversos segmentos do mercado.

Estudiosos apontam que a iluminação é um dos principais custos em energia para maioria das empresas. A identificação dos maiores consumos e gastos inadequados pode ser realizada através de uma análise do consumo energético (SILVA, 2013). Diante deste cenário, a análise econômica visa fornecer subsídios para que decisões possam ser tomadas.

Autores como Rosa e Muhlen (2002) comentam que a busca de economia em setores com altas taxas de desperdício energético é importante e que a oportunidade de redução de custos pode atrair as empresas, inclusive do ramo hoteleiro, listado como um dos segmentos de empresas que mais gastam energia.

Existem várias medidas que podem ser utilizadas para aumentar a eficiência energética de empresas do setor hoteleiro como por exemplo: eficiência luminosa, eficiência em condicionamento de ar e eficiência no aquecimento de água (NAZARIO et al., 2013).

Estudos apontam que há possibilidade de redução de aproximadamente 60% do custo com energia elétrica relacionado ao sistema de iluminação através de ações de eficiência energética aplicadas a esse tipo de sistemas (NEPUCENO, 2016).

Diante desse contexto, esta pesquisa analisou a real vantagem energética e econômico-financeira que pode ser obtida através da substituição do sistema de iluminação de um empreendimento hoteleiro localizado na cidade de Foz do Iguaçu no Paraná e para isso foi aplicado a metodologia proposta pelo programa de eficiência

energética da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

1.1 OBJETIVOS

A seguir serão apresentados os objetivos geral e específico que nortearam essa pesquisa.

1.1.1 Objetivo Geral

Mostrar as vantagens energéticas e econômico-financeiras obtidas com a substituição de um sistema de iluminação energeticamente ineficiente por um sistema de alto rendimento, baseado em tecnologia LED, aplicando a metodologia proposta pelo programa de eficiência energética da ANEEL.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar análise tarifária para o caso em estudo.
- Realizar o inventário de equipamentos que demandam energia elétrica para o caso em estudo.
- Propor um sistema de iluminação que possa substituir o sistema existente.
- Apresentar as vantagens econômico-financeiras obtidas através da análise realizada com base na metodologia proposta pelo Programa de Eficiência Energética da ANEEL.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será apresentado o embasamento teórico a respeito da trajetória seguida para a construção deste trabalho.

2.1 O PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ANEEL

De acordo com a lei nº. 9.991 de 24 de julho de 2000 (BRASIL, 2000), as empresas com concessão para serem distribuidoras devem utilizar um percentual mínimo de sua receita operacional líquida (ROL) em Programas de Eficiência Energética (PEE), conforme regulamentado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

No Estado do Paraná, o órgão distribuidor é a Companhia Paranaense de Energia Elétrica (COPEL) que, anualmente, executa o Programa de Eficiência Energética (PEE) em consonância à cláusula do Contrato de Concessão de Distribuição de Energia Elétrica e à Lei nº 9.991/00 que orienta sobre a aplicação de recursos financeiros em projetos de promoção da eficiência energética no uso final da energia elétrica. Os critérios para utilização de recursos foram aprovados pela Resolução Normativa nº 830/2018 e estão preconizados nos Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PROPEE).

O PEE visa a promoção do uso eficiente e racional de energia elétrica através de projetos que apontem a importância e viabilidade econômica para combate do desperdício e melhoria da eficiência energética dos usos de energia nos setores da economia. Através dessas propostas busca-se o desenvolvimento de tecnologias e mudança de hábitos para prática mais racional do uso da energia elétrica (ANEEL, 2018).

Dentro do PEE, verifica-se que o cálculo da viabilidade se refere ao cálculo para verificar se um projeto é viável e passível de execução pelo PEE (ANEEL, 2018).

A análise da viabilidade econômico-financeira se dá através da utilização de indicadores, sendo um procedimento importante para obtenção de dados e interpretação de resultados para uma visão mais ampla da situação. Entre os métodos mais recorrentes encontram-se o Payback simples, Payback descontado, o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR) (HOJI, 2010). No entanto, neste trabalho, o indicador utilizado para análise de viabilidade foi a relação custo-benefício (RCB), que, de acordo com Gitman (2010, p. 365), é uma técnica que

“considera o valor do dinheiro no tempo, sendo utilizada como ponto de partida para a seleção de projetos sob condições de racionamento de capital”. Este indicador é utilizado pela Aneel e calculado pela relação entre o valor presente das entradas de caixa e o investimento inicial.

Diante disso, o PROPEE apresenta no Módulo 7 um capítulo sobre o cálculo de viabilidade no qual estabelece os diferentes fatores e formas de cálculo que são considerados para verificar se um projeto é viável e pode ser executado no âmbito do PEE, assim como considerar outros possíveis benefícios que podem ser obtidos por determinado projeto.

É de competência das distribuidoras elaborar o edital de chamada pública para submissão de projetos de eficiência energética, deste modo, uma vez aberto o edital de chamada pública as distribuidoras podem fornecer uma planilha do software Excel a qual se destina a avaliar a viabilidade econômico financeira de cada projeto conforme a metodologia de cálculo proposta pelo PROPEE.

No Paraná, a concessionária distribuidora é a Companhia Paranaense de Energia (COPEL). Através de uma Chamada Pública Anual, ela comunica aos seus clientes e a sociedade em geral de que está recebendo, dentro de um determinado período, propostas de projetos de Eficiência Energética que contemplem unidades consumidoras atendidas dentro da sua área de concessão e estabelece as tipologias de projetos. Essas tipologias são: a industrial, a residencial, comércios e serviços, poder público, rural, serviços públicos e iluminação pública.

A distribuidora Copel fornece os documentos necessários para elaborar um projeto de eficiência energética sendo eles: o edital de chamada pública, uma planilha eletrônica para cálculo da Relação Custo Benefício (RCB) e um roteiro para elaboração de Diagnóstico Energético.

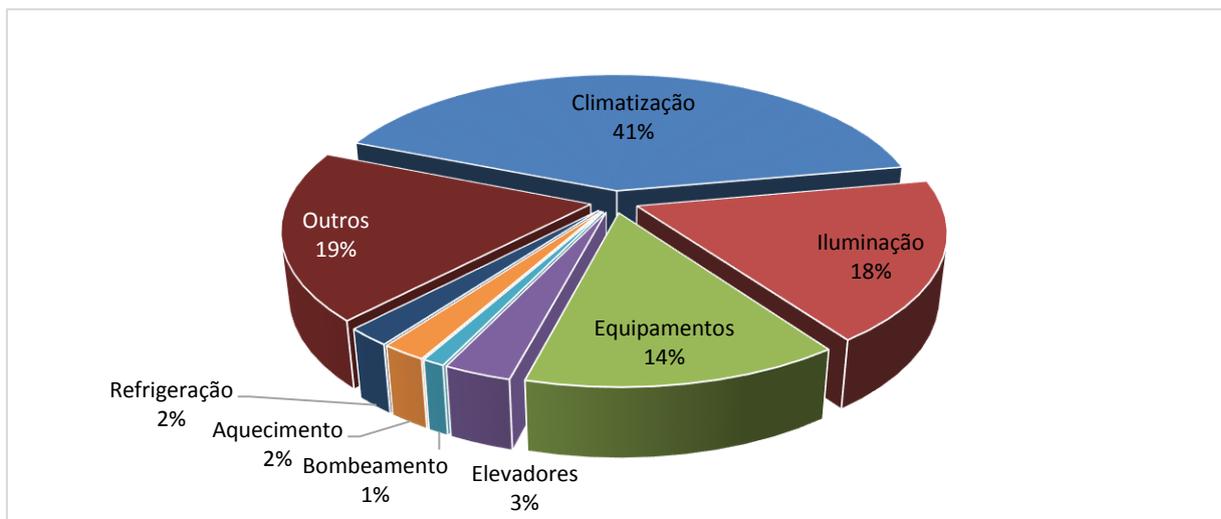
No Rio Grande do Sul, a concessionária Rio Grande Energia (RGE), empresa do Grupo Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) também promove editais de chamada pública para submissão de projetos de Eficiência energética, entretanto, são editais um pouco mais específicos como por exemplo no ano de 2016 foi promovido um edital chamado Desconto Eficiente especificamente voltado para substituição de motores elétricos nesse edital foi concedido um bônus para a aquisição de novos motores elétricos e com isso desestimular o rebobinamento dos motores elétricos avariados e desta maneira substituir cargas ineficientes por motores de alto rendimento energético (ANEEL, 2016).

2.2 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

Segundo dados apresentados por SINPHA (2008), é possível verificar que a distribuição do consumo de energia elétrica no setor comercial está associada principalmente a três tipos de usos finais sendo eles: a iluminação, a climatização e a equipamentos.

De maneira geral, é possível afirmar que o consumo de energia elétrica no setor hoteleiro também possui um comportamento análogo já que em torno de 73% do consumo total de energia elétrica está relacionado com a climatização a iluminação e equipamentos, conforme pode ser verificado na Figura 1.

Figura 2.1 - Distribuição do consumo de energia elétrica no setor hoteleiro



Fonte: Sinpha, 2008

Entretanto, a energia elétrica consumida para fins de iluminação no setor de serviços pode atingir até 50% do consumo total de eletricidade, o que ocorre devido ao fato da iluminação artificial ser amplamente utilizada durante o dia (SILVA, 2013).

A seguir serão apresentadas as equações que a planilha RCB utiliza para a realização dos cálculos de eficiência energética nos sistemas de iluminação.

Serão apresentadas as equações para os cálculos de redução de demanda na ponta e energia economizada, bem como as equações utilizadas para calcular os custos e benefícios anualizados e a relação custo benefício.

2.3 CÁLCULO DOS INDICADORES ENERGÉTICOS

Na equação (1) será apresentado o cálculo da vida útil de lâmpadas:

$$Vida\acute{u}til\ da\ lâmpadas = \frac{Vida\acute{u}til\ da\ lâmpada(em\ horas)}{Tempo\ de\ utiliza\c{c}\tilde{a}\tilde{o}\ (em\ horas/ano)} \quad (1)$$

Para Copel (2018), o fator de coincidência na ponta é um indicador que deve ser menor ou igual a um. É utilizado para o cálculo da redução de demanda no horário de ponta, a equação (2) apresenta o cálculo da estimativa do fator de coincidência na ponta e deverá ser utilizado para todos os usos finais com excessão do uso final aquecimento solar de água:

$$FCP = \frac{nm \times nd \times nup}{792} \quad (2)$$

Onde:

- *FCP* - fator de coincidência na ponta.
- *nm* - número de meses, ao longo do ano, de utilização em horário de ponta (≤ 12 meses).
- *nd* - número de dias, ao longo do mês, de utilização em horário de ponta (≤ 22 dias).
- *nup* - número de horas de utilização em horário de ponta (≤ 3 horas).
- 792 - número de horas de ponta disponíveis ao longo de 1 ano.

Segundo Propee (2018) a energia economizada representa a energia economizada a partir das ações de eficiência energética desenvolvidas no projeto, é calculada com base na equação (3):

$$EE = \left[\sum_{Sistemai} (qa_i \times pa_i \times ha_i) - \sum_{Sistemai} (qp_i \times pp_i \times hp_i) \right] \times 10^{-6} \quad (3)$$

Onde:

- EE - energia economizada (MWh/ano).
- qa_i - número de lâmpadas no sistema i atual.
- pa_i - potência da lâmpada e reator no sistema i atual (W).
- ha_i - tempo de funcionamento do sistema i atual (h/ano).
- qp_i - número de lâmpadas no sistema i proposto.
- pp_i - potência da lâmpada e reator no sistema i proposto (W).
- hp_i - tempo de funcionamento do sistema i proposto (h/ano).

Segundo PROPEE (2018) a redução de demanda na ponta é um indicador quantitativo de eficiência energética e representa a redução da potência no posto tarifário ponta em [kW], a partir das ações de eficiência energética desenvolvidas no projeto, é calculada conforme a equação (4):

$$RDP = \left[\sum_{sistemai} (qa_i \times pa_i \times FCPa_i) - \sum_{sistemai} (qp_i \times pp_i \times FCPp_i) \right] \times 10^{-3} \quad (4)$$

Onde:

- RDP - redução de demanda na ponta (kW).
- $FCPa_i$ - fator de coincidência na ponta no sistema i atual.
- $FCPp_i$ - fator de coincidência na ponta no sistema i proposto.

2.4 CÁLCULO DA RELAÇÃO CUSTO BENEFÍCIO

A seguir serão apresentadas as equações que embasam o cálculos da Relação Custo Benefício.

2.4.1 Cálculo dos custos

As equações que embasam a planilha RCB referente ao cálculo dos custos anualizados e seguem a metodologia descrita no módulo 7 do PROPEE, serão apresentadas a seguir.

A equação (5) estabelece o custo anualizado total do projeto de eficiência:

$$CA_T = \sum_n CA_n \quad (5)$$

Onde:

- CA_T - custo anualizado total (R\$/ano).
- CA_n - custo anualizado de cada equipamento incluindo custos relacionados (R\$/ano).

A equação (6) estabelece o custo anualizado de cada equipamento incluindo os custos relacionados em (R\$/ano):

$$CA_n = CE_n \times \frac{CT}{CE_T} \times FRC_u \quad (6)$$

Onde:

- CA_n - custo anualizado de cada equipamento incluindo custos relacionados (R\$/ano).
- CE_n - custo de cada equipamento (R\$).
- CT - custo total do projeto (R\$).
- CE_T - custo total em equipamentos (R\$).
- FRC_u - fator de recuperação do capital para u anos (1/ano).
- u - vida útil dos equipamentos (ano).

A equação (7) estabelece o custo total em equipamentos:

$$CE_T = \sum_n CE_n \quad (7)$$

Onde:

- CE_T - custo total em equipamentos (R\$).
- CE_n - custo de cada equipamento (R\$).

A equação (8) estabelece o fator de recuperação de capital para u anos:

$$FRC_u = \frac{i \times (1 + i)^u}{(1 + i)^u - 1} \quad (8)$$

Onde:

- $FRCu$ - fator de recuperação do capital para u anos (1/ano).
- i - taxa de desconto considerada (1/ano).
- u - vida útil dos equipamentos (ano).

2.5 CÁLCULO DOS BENEFÍCIOS

A análise dos benefícios deve considerar as economias de energia bem como a redução de demanda pelo sistema de tarifação de energia (bandeiras tarifárias). Ao utilizar esses indicadores estará sendo considerado a ótica do sistema elétrico, ou seja, o ponto de vista da sociedade (ANEEL, 2018).

A equação (9) estabelece o benefício anualizado em (R\$/ano):

$$BA_T = \frac{EE \times CEE}{RDP \times CED} \quad (9)$$

Onde:

- BA_T - benefício anualizado (R\$/ano).
- EE - energia anual economizada (MWh/ano).
- CEE - custo unitário da energia economizada (R\$/MWh).
- RDP - redução de demanda em horário de ponta (kW).
- CED - custo unitário evitado de demanda (R\$/kW ano).

Os valores dos custos unitários evitados¹ são valores que representam os custos marginais de expansão do sistema, foram calculados conforme metodologia definida no módulo 7 do PROPEE. Foram utilizados os valores de tarifa vigentes na data de elaboração deste projeto, conforme:

- $CEE = 296,42$ R\$/MWh² .
- $CED = 473,63$ R\$/kWano³ .
- Subgrupo tarifário Convencional (A4 – De 2,3 kV a 25kV).
- Resolução Homologatória Aneel n° 2.255, de 20 de junho de 2017.
- Fator de carga 70%.
- Fator $k = 0,15$.

¹ Enquanto não se dispuser dos custos marginais de expansão do sistema de energia elétrica, deverá ser usada a estrutura de valores da tarifa diferenciada para cada subgrupo tarifário e distribuidora.

² Dados apresentados no edital de chamada pública da COPEL DIS - 2018

³ Dados apresentados no edital de chamada pública da COPEL DIS - 2018

2.5.2 Cálculo da relação custo benefício

Se o projeto possuir mais de um uso final (iluminação, refrigeração, etc) cada um desses usos finais deverá ter sua RCB calculada. Deverá, também, ser apresentada a RCB global do projeto, consideradas as somas dos custos e benefícios.

O cálculo da relação custo-benefício segue a metodologia descrita no módulo 7 do PROPEE, e é calculada conforme a equação (10):

$$RCB = \frac{CA_T}{BA_T} \quad (10)$$

Onde:

- RCB - relação custo-benefício.
- CA_T - custo anualizado total (R\$/ano).
- BA_T - benefício anualizado (R\$/ano).

3 METODOLOGIA

O método utilizado para realização deste trabalho foi desenvolvido da seguinte maneira: em um primeiro momento foi definido o local a ser avaliado, diante do local escolhido então foi realizado o inventário de equipamentos a fim de entender quais eram os principais tipos de usos finais de energia para o local.

Também foi realizado a análise tarifária do consumidor através da coleta das faturas de energia elétrica de 12 (doze) meses, sendo que as mesmas foram analisadas. Abordar este ponto é importante para conhecer como são as sazonalidades do consumo de energia bem como a modalidade tarifária na qual esse consumidor está inserido, pois com esses dados em mãos é possível conhecer os custos evitados de demanda e os custos de energia evitada.

De forma pré-determinada foi selecionado o sistema de iluminação tendo em vista que, para análise dessa pesquisa, contou-se com a identificação de todos os demais sistemas existentes (climatização, refrigeração, motores, entre outros).

Na identificação do sistema existente foram levantadas informações tais como: o tipo de lâmpada incandescente, fluorescente, a potência nominal, a potência média consumida pelos reatores por cada lâmpada devendo especificar se são reatores eletromagnéticos ou eletrônicos, a quantidade de lâmpadas em cada sistema considerado e o funcionamento médio anual (h/ano).

O levantamento prévio dos dados é importante para conhecer o sistema a fim de substituir o que existe por algo mais eficiente no âmbito energético. Desta maneira foi realizado um levantamento de custos de aquisição, vida útil e tipo de tecnologia que possa substituir o sistema existente.

Esses dados serão então inseridos na planilha de cálculo da relação custo benefício fornecida pela concessionária no edital de chamada pública, para avaliar a aprovação de projetos de eficiência energética, de modo que o projeto somente poderá ser aceito caso apresente o indicador de relação custo benefício inferior ao limite pré-estabelecido pela ANEEL que é de 0,85 para instituições que apresentem fins lucrativos.

Na Tabela 3.1 é apresentado como deverá ser realizado a substituição dos equipamentos podendo esses serem: lâmpadas, reatores e luminárias. Também é possível prever a instalação de dispositivos de controle: interruptores, sensores de presença, dimmers uma vez que esses dispositivos terão ação sobre o tempo de

funcionamento (ANEEL, 2018).

Sendo assim, para o efeito de avaliação de eficiência energética do sistema de iluminação pelo menos as informações presentes na Tabela 1 deverão ser adquiridas. Essas informações deverão ser expressas tanto para o sistema atual (existente) como para o sistema novo (proposto) (ANEEL, 2018).

Tabela 3.1 - Informações referente ao projeto de eficiência energética

SISTEMA ATUAL							
0				Sistema 1	Sistema 2	...	TOTAL
1	Tipo de lâmpada						
2	Potência (lâmpada + reator)	W	p_{ai}				
3	Quantidade		q_{ai}				
4	Potência instalada	kW	P_{ai}				
5	Funcionamento	h/ano	h_{ai}				
6	FCP (fator de coincidência na ponta)		FCP_{ai}				
7	Energia consumida	MWh/ano	E_{ai}				
8	Demanda média na ponta	kW	D_{ai}				
SISTEMA PROPOSTO							
10				Sistema 1	Sistema 2	...	TOTAL
11	Tipo de lâmpada						
12	Potência (lâmpada + reator)	W	p_{pi}				
13	Quantidade		q_{pi}				
14	Potência instalada	kW	P_{pi}				
15	Funcionamento	h/ano	h_{pi}				
16	FCP (fator de coincidência na ponta)		FCP_{pi}				
17	Energia consumida	MWh/ano	E_{pi}				
18	Demanda média na ponta	kW	D_{pi}				
RESULTADOS ESPERADOS							
20				Sistema 1	Sistema 2	...	TOTAL
21	Redução de demanda na ponta	kW	RDP_i				
22	Redução de demanda na ponta	%	$RDP_i\%$				
23	Energia economizada	MWh/ano	EE_i				
24	Energia economizada	%	$EE_i\%$				

Fonte: COPEL DIS - 2018

Ressalta-se a necessidade do agrupamento do sistema de iluminação em subsistemas que tenham o mesmo tipo de lâmpada e que possuam o mesmo regime de funcionamento, desta forma o módulo 7 do PROPEE recomenda utilizar sistemas diferentes para trocas diferentes (ANEEL, 2018).

Na planilha fornecida pela distribuidora durante o edital de chamada pública, desenvolvida para o cálculo da RCB, também existe uma aba destinada a inserção de dados referentes aos custos de aquisição e vida útil dos equipamentos propostos, esses dados deverão ser levantados através de manuais dos fabricantes e orçamentos comerciais de empresas do setor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o desenvolvimento deste trabalho foi escolhido um hotel na cidade de Foz do Iguaçu no Paraná, sendo que, por motivos de confidencialidade, não será citado o nome da empresa. Portanto, o presente caso de estudo trata-se de uma empresa do setor hoteleiro. A mesma está localizada na região central da cidade, motivo pelo qual a edificação apresenta arquitetura vertical composta por 4 pavimentos.

O mesmo dispõe de 86 apartamentos, duas piscinas, lavanderia, estacionamento coberto, três elevadores, restaurante e salão de eventos. O hotel é atendido pela Companhia Paranaense de energia (COPEL) que é a distribuidora que possui a concessão na região. Outro aspecto importante é que a empresa hoteleira possui uma única unidade consumidora.

Para a realização desse trabalho foi realizado um pré diagnóstico energético.

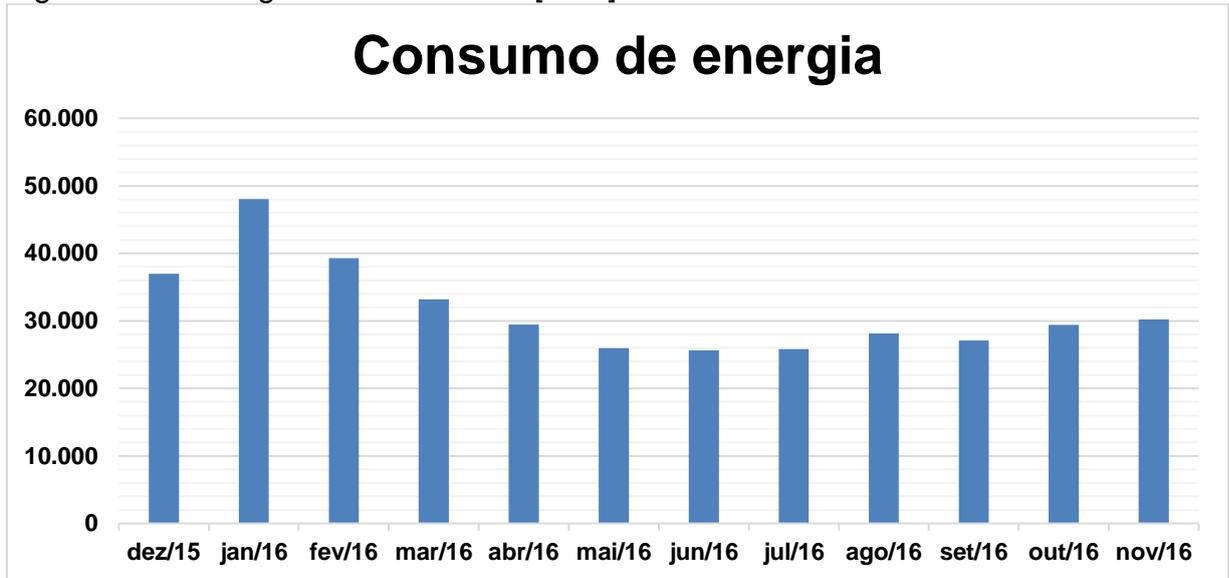
Desta maneira, foi verificado que o hotel possui um sistema de iluminação composto por 520 Lâmpadas fluorescente compactas de 25W de potência, 27 Lâmpadas fluorescente compactas de 20W de potência, 7 Lâmpadas fluorescente tubulares de 40 W de potência com reatores eletromagnéticos, 8 Lâmpadas fluorescente tubulares de 16 W de potência com reatores eletromagnéticos, 4 refletores sendo 2 refletores de 500W e 2 refletores de 300 W e 7 lâmpadas do tipo PL de 7 W de potência e que o mesmo não utiliza lâmpadas incandescentes.

4.1 ANÁLISE DAS FATURAS DE ENERGIA

Durante a realização do pré diagnóstico energético também foi feita a coleta das faturas de energia elétrica de 12 (doze) meses, sendo que as mesmas foram analisadas e as observações feitas serão colocadas a seguir.

Nas figuras apresentadas a seguir, serão mostrados o consumo (Figura 2) e a demanda (Figura 3) de energia elétrica do ano de 2016, sendo possível perceber a variação comentada.

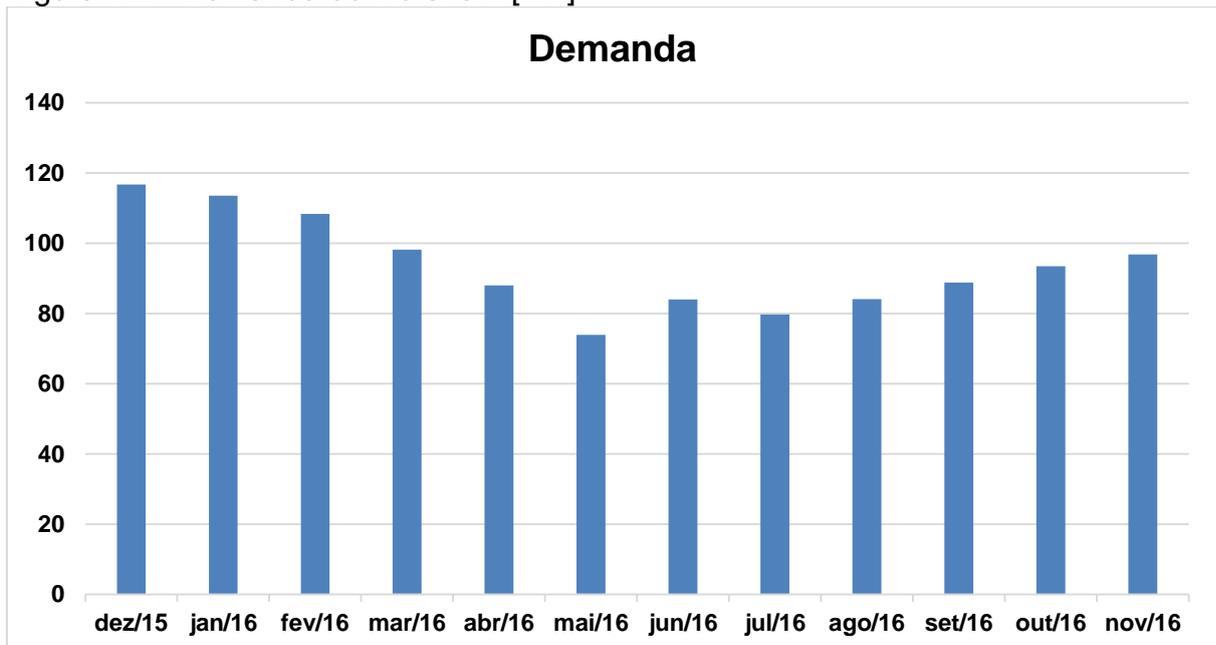
Figura 4.1 - Energia Consumida em [kWh] – Hotel



Fonte: Próprio Autor

Em linhas gerais, o consumo de energia elétrica atinge seu ponto máximo nos meses de janeiro e fevereiro respectivamente, isso se deve ao fato de que, durante as estações mais quentes existe um considerável aumento no consumo de energia elétrica, devido à utilização mais intensa do sistema de climatização, além do aumento do fluxo de clientes devido à alta temporada.

Figura 4.2 - Demanda do Hotel em [kW]



Fonte: Próprio Autor

O perfil da demanda, assim como o consumo de energia elétrica, também está relacionado às estações do ano. Porém o maior registro foi verificado no mês de dezembro.

Ressalta-se que o Hotel no momento da realização do pré diagnóstico energético era atendido em Alta tensão através da modalidade de tarifação convencional de energia⁴.

Entretanto, embora as unidades consumidoras inseridas nessa modalidade estão aos poucos sendo substituídas pela modalidade de tarifação Horossazonal Verde, optou-se por avaliar o sistema com base na tarifa convencional pois era a tarifa utilizada pelo empreendimento em estudo no momento do pré diagnóstico.

4.2 IDENTIFICAÇÃO DE CADA TIPO DE USO FINAL

No período de um ano a empresa teve um consumo médio mensal de aproximadamente 34.874,27 kWh de energia. Através do levantamento de carga efetuado durante o inventário energético foi determinado o tempo e o fator de utilização dos equipamentos e, assim, foi possível traçar um perfil do consumo. A Tabela 2 apresenta o consumo dos principais usos finais do Hotel.

Tabela 4.1 - Consumo de energia por tecnologia de uso final

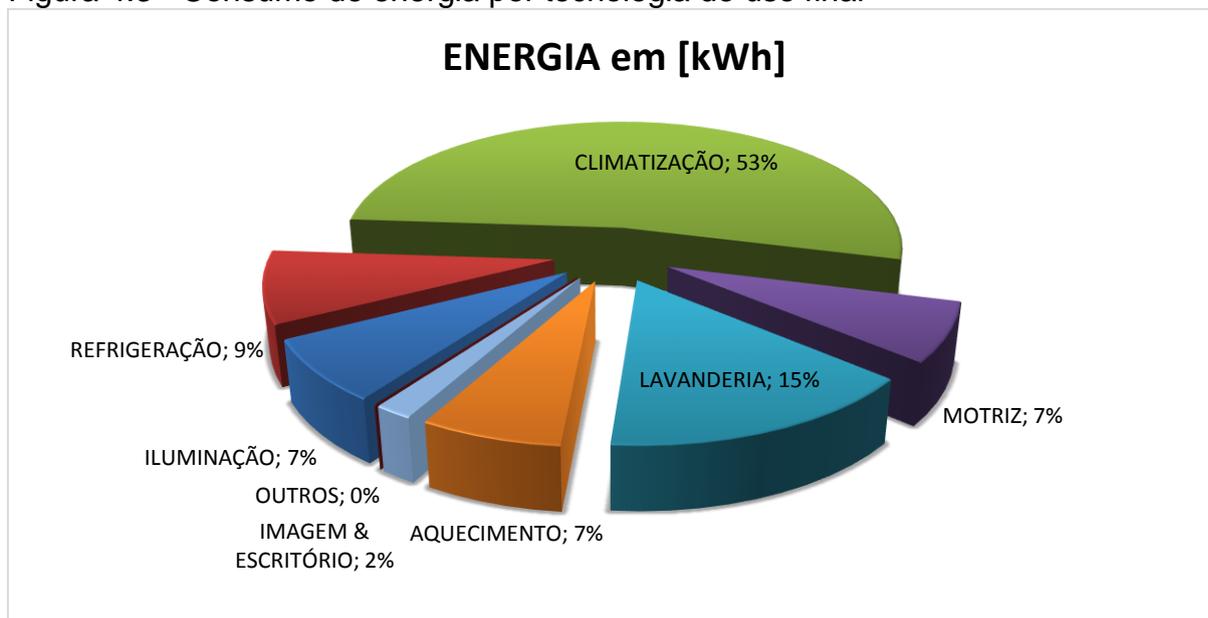
TIPO DE USO FINAL	Percentual (%)	ENERGIA [kWh]mês
ILUMINAÇÃO	7,4	2.592,65
REFRIGERAÇÃO	8,7	3.027,66
CLIMATIZAÇÃO	52,9	18.440,42
MOTRIZ	7,1	2.469,62
LAVANDERIA	15,3	5.351,41
AQUECIMENTO	6,7	2.343,00
IMAGEM & ESCRITÓRIO	1,8	638,40
OUTROS	0,0	11,13
TOTAL	100,0	34.874,27

Fonte: Próprio autor

Na Figura 4 pode ser observado o percentual de consumo de energia por cada tipo de tecnologia de uso final do Hotel. É importante reforçar, que esses dados foram tabulados a partir de um pré diagnóstico realizado em fase anterior.

⁴ Trata-se de uma modalidade aplicada as unidades consumidoras em alta tensão, porém a mesma está sendo substituída pela tarifa verde. No entanto, como o empreendimento, na época do diagnóstico energético estava estabelecido ainda na modalidade convencional, optou-se por manter a tarifa convencional.

Figura 4.3 - Consumo de energia por tecnologia de uso final



Fonte: Próprio Autor

Dos usos finais de energia os que têm maior relevância são a CLIMATIZAÇÃO, a ILUMINAÇÃO, a REFRIGERAÇÃO e a LAVANDERIA, no entanto, para esse trabalho apenas será abordado o sistema de iluminação. Foi dada grande importância ao sistema de iluminação porque é o que causa um grande impacto no conforto visual dos usuários das instalações.

É necessário destacar a importância da utilização de novas tecnologias, pois o hotel funciona quase o ano todo.

4.3 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Foi observado que o hotel contém um sistema de iluminação contendo 520 Lâmpadas fluorescente compactas de 25W de potência, 27 Lâmpadas fluorescente compactas de 20W de potência, 7 Lâmpadas fluorescente tubulares de 40 W de potência com reatores eletromagnéticos, 8 Lâmpadas fluorescente tubulares de 16 W de potência com reatores eletromagnéticos, 4 refletores sendo 2 refletores de 500W e 2 refletores de 300 W e 7 lâmpadas do tipo PL de 20 W de potência e que o mesmo não utiliza lâmpadas incandescentes.

Além da função de iluminar as tarefas visuais, os sistemas de iluminação também são responsáveis pela criação de impressões ambientais, influenciando as respostas emocionais dos usuários. Isso é particularmente importante em hotéis uma

vez que proporcionam melhor conforto.

Contudo, a prática indica que os projetos de iluminação nestes espaços priorizam os requisitos quantitativos, em detrimento da qualidade visual do ambiente ou das respostas emocionais que estes provocam. Similarmente, tais instalações estão sujeitas a restrições financeiras impostas pelo alto custo associado ao investimento, embora representem uma parcela pequena nesses custos.

Levando em conta essas considerações foi feito o estudo energético do sistema de iluminação, concluindo nos seguintes resultados. De forma geral foi proposto:

- Substituição das lâmpadas fluorescente compactas (LFC) de 20W e 25W por lâmpadas de tecnologia a LED de 12W de alta eficiência;
- Substituição das lâmpadas LED tipo plafon de 24W por lâmpadas de tecnologia a LED de 12W de alta eficiência;
- Substituição das lâmpadas do tipo PL de 20W por lâmpadas de tecnologia a LED de 12W de alta eficiência;
- Substituição das lâmpadas fluorescentes tubulares de (1x40W), (2X40W) e (2X16W) por lâmpadas de tecnologia a LED de (1X18W) e (2X18W) de alta eficiência;
- Substituição dos refletores de (500W) e (300W) por refletores de tecnologia a LED de (150W) e (120W) de alta eficiência;

A seguir serão inseridos esses dados na planilha para obtenção do cálculo da relação custo benefício.

4.4 INSERÇÃO DOS DADOS NA PLANILHA RCB

A partir dos dados apresentados anteriormente das características técnicas dos equipamentos. Bem como dos custos de aquisição adquiridos através de orçamentos com empresas comerciais é possível realizar a inserção desses dados na planilha fornecida pela concessionária.

Ressalta-se que a vida útil dos equipamentos propostos foi especificada a partir dos manuais dos fabricantes. Entretanto a vida útil inserida na planilha dependerá do tempo de funcionamento anual de cada subsistema.

Os detalhes de como é feito este cálculo foi apresentado na seção 2.3, equação (1).

Figura 4.4 - Quadro de caracterização do projeto

PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	
IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	
Concessionária	Copel Distribuição S.A. CNPJ
Nome do projeto	Projeto de Eficiência energética Hotel - Monografia
Tipologia do projeto	Comércio e serviços
IDENTIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA BENEFICIADA	
Nome	Hotel na Cidade de Foz do Iguaçu
Endereço	
CNPJ	Unidade consumidora
Responsável	Cargo
Telefone	e-mail
Localização	Foz do Iguaçu (PR) - OES
Atividade	Com fins lucrativos
Tipo de empresa	Demais empresas
Modalidade tarifária	Tarifa convencional
Subgrupo tarifário	A4 - De 2,3 kV a 25 kV
Nº Pessoas Beneficiadas	
	
IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA RESPONSÁVEL PELO PROJETO	
Nome da empresa	
Endereço	
Município	Estado --
CNPJ	
Responsável técnico	
Telefone	e-mail

Fonte: Copel DIS – 2018 - Adaptado

A Figura 4.4 representa a aba inicial da planilha RCB esse quadro é importante o seu preenchimento pois é a partir dele que serão caracterizadas as informações referentes a modalidade tarifária do caso de estudo.

Tabela 4.2 - Relação Custo benefício – sistema de iluminação existente

ILUMINAÇÃO - SISTEMA ATUAL - EX ANTE				REF.FUNCI	RAMPA	RESTAURANT	COZINHA 1	SALÃO EVEN	RECEPÇÃO	ELEVADOR	QUARTOS	FINANCEIRO	COZINHA 1	LAVANDERIA	COZINHA 2	PÁTIO	PÁTIO	PÁTIO	PISCINA			
TOTAL				ilumin 1	ilumin 2	ilumin 3	ilumin 4	ilumin 5	ilumin 6	ilumin 7	ilumin 8	ilumin 9	ilumin 10	ilumin 11	ilumin 12	ilumin 13	ilumin 14	ilumin 15	ilumin 16			
1 Tipo de equipamento / tecnologia				LFC	LFC	LFC	LFC	LFC	LFC	LFC	LFC	LFC	LFT (2X40)	LFT (2X40)	LFT (1X40)	LFT (2X16W)	REFLETOR	LED PLAFON	PL	REFLETOR		
Quantidade de luminárias				574	3	24	25	4	26	28	7	430	1	2	1	4	2	8	7	2		
2 Lâmpadas				Potência W	pla _i	20,00	20,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	40,00	40,00	40,00	16,00	500,00	24,00	20,00	300,00		
3				Quantidade	qla _i	581	3	24	25	4	26	28	7	430	2	4	1	8	2	8	7	2
2 Reatores				Potência W	pra _i	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,00	16,00	16,00	8,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
3				Quantidade	qra _i	8	0	0	0	0	0	0	1	2	1	4	0	0	0	0		
4 Potência instalada				kW	Pa _i	15,98	0,06	0,48	0,63	0,10	0,65	0,70	0,18	10,75	0,10	0,19	0,06	0,16	1,00	0,19	0,14	0,60
Tempo de utilização do sistema, em um dia				h/dia		3,00	10,00	3,00	8,00	0,13	24,00	10,00	4,00	7,00	8,00	7,00	8,00	10,00	10,00	10,00	7,00	
Dias de utilização do sistema, em um ano				dia/ano		365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00		
5 Funcionamento				h/ano	ha _i	1.095,00	3.650,00	1.095,00	2.920,00	47,45	8.760,00	3.650,00	1.460,00	2.555,00	2.920,00	2.555,00	2.920,00	3.650,00	3.650,00	3.650,00	2.555,00	
Horas de utilização em horário de ponta, em um dia				h/dia	nupa _i	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00		
Dias úteis de utilização em horário de ponta, em um mês				dia/mês	nda _i	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00		
Meses de utilização em horário de ponta, em um ano				mês/ano	nma _i	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00		
Potência média na ponta				kW	da _i	10,65	0,04	0,32	0,42	0,07	0,43	0,47	0,12	7,17	0,06	0,13	0,04	0,11	0,67	0,13	0,09	0,40
6 Fator de coincidência na ponta				FCPa _i		0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67		
7 Energia consumida				MWh/ano	Ea _i	33,10	0,07	1,75	0,68	0,29	0,03	6,13	0,64	15,70	0,25	0,56	0,14	0,47	3,65	0,70	0,51	1,53
8 Demanda média na ponta				kW	Da _i	10,65	0,04	0,32	0,42	0,07	0,43	0,47	0,12	7,17	0,06	0,13	0,04	0,11	0,67	0,13	0,09	0,40

Tabela 4.3 - Relação custo benefício – sistema de iluminação proposto

ILUMINAÇÃO - SISTEMA PROPOSTO - EX ANTE				REF.FUNCI	RAMPA	RESTAURANT	COZINHA 1	SALÃO EVEN	RECEPÇÃO	ELEVADOR	QUARTOS	FINANCEIRO	COZINHA 1	LAVANDERIA	COZINHA 2	PÁTIO	PÁTIO	PÁTIO	PISCINA			
TOTAL				ilumin 1	ilumin 2	ilumin 3	ilumin 4	ilumin 5	ilumin 6	ilumin 7	ilumin 8	ilumin 9	ilumin 10	ilumin 11	ilumin 12	ilumin 13	ilumin 14	ilumin 15	ilumin 16			
11 Tipo de equipamento / tecnologia				LED	LED	LED	LED	LED	LED	LED	LED	LED	LED	LED	LED	LED	REFLETOR	LED	LED	REFLETOR		
Quantidade de luminárias				574	3	24	25	4	26	28	7	430	1	2	1	4	2	8	7	2		
12 Lâmpadas				Potência W	plp _i	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	18,00	18,00	18,00	18,00	150,00	12,00	12,00	150,00		
13				Quantidade	qlp _i	577	3	24	25	4	26	28	7	430	2	4	1	4	2	8	7	2
12 Reatores				Potência W	prp _i	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
13				Quantidade	qrp _i	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
14 Potência instalada				kW	Pp _i	7,54	0,04	0,29	0,30	0,05	0,31	0,34	0,08	5,16	0,04	0,07	0,02	0,07	0,30	0,10	0,08	0,30
Tempo de utilização do sistema, em um dia				h/dia		3,00	10,00	3,00	8,00	0,13	24,00	10,00	4,00	7,00	8,00	7,00	8,00	10,00	10,00	10,00	7,00	
Dias de utilização do sistema, em um ano				dia/ano		365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00		
15 Funcionamento				h/ano	hp _i	1.095,00	3.650,00	1.095,00	2.920,00	47,45	8.760,00	3.650,00	1.460,00	2.555,00	2.920,00	2.555,00	2.920,00	3.650,00	3.650,00	3.650,00	2.555,00	
Horas de utilização em horário de ponta, em um dia				h/dia	nupp _i	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00		
Dias úteis de utilização em horário de ponta, em um mês				dia/mês	ndp _i	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00		
Meses de utilização em horário de ponta, em um ano				mês/ano	nmp _i	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00		
Potência média na ponta				kW	dp _i	5,03	0,02	0,19	0,20	0,03	0,21	0,22	0,06	3,44	0,02	0,05	0,01	0,05	0,20	0,06	0,06	0,20
16 Fator de coincidência na ponta				FCPp _i		0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67		
17 Energia consumida				MWh/ano	Ep _i	15,43	0,04	1,05	0,33	0,14	0,01	2,94	0,31	7,53	0,09	0,21	0,05	0,21	1,10	0,35	0,31	0,77
18 Demanda média na ponta				kW	Dp _i	5,03	0,02	0,19	0,20	0,03	0,21	0,22	0,06	3,44	0,02	0,05	0,01	0,05	0,20	0,06	0,06	0,20

Nas Tabelas 4.2 e 4.3 foram inseridos os dados referentes ao sistema de iluminação atual (existente) e seus respectivos dados para o sistema de iluminação proposto. O sistema de iluminação foi subdividido para cada local e associado por tipo de tecnologia e hora de funcionamento, inclusive hora de funcionamento no horário de ponta. Também foram associadas as características técnicas de cada tecnologia presente nos equipamentos tais como: quantidade de luminárias, quantidade de lâmpadas, potência das lâmpadas, quantidade de reatores, potência dos reatores.

Deste modo, essas duas tabelas correspondem aos dados de entrada, os quais correspondem à informação que deve ser inserida pelo usuário.

Tabela 4.4 - Custo de aquisição e vida útil dos equipamentos

MATERIAIS E EQUIPAMENTOS				
	Materiais e equipamentos	Vida útil	Quantidade	Menor valor unitário
1	LED 12 W módulo de embutir (150 mm)	13,70	3	R\$ 25,90
2	LED 12 W módulo de embutir (150 mm)	4,10	24	R\$ 25,90
3	LED 12 W módulo de embutir (150 mm)	13,70	25	R\$ 25,90
4	LED 12 W módulo de embutir (150 mm)	5,10	4	R\$ 25,90
5	LED 12 W módulo de embutir (150 mm)	316,10	26	R\$ 25,90
6	LED 12 W módulo de embutir (150 mm)	1,70	28	R\$ 25,90
7	LED 12 W módulo de embutir (150 mm)	4,10	7	R\$ 25,90
8	LED 12 W módulo de embutir (150 mm)	10,30	430	R\$ 25,90
9	LED (2x18W)	5,90	2	R\$ 42,50
10	LED (2x18W)	5,10	4	R\$ 42,50
11	LED (1x18W)	5,90	1	R\$ 42,50
12	LED (1x18W)	5,10	4	R\$ 42,50
13	Refletor LED (150 W)	4,10	2	R\$ 459,90
14	LED 12 W módulo de embutir (150 mm)	4,10	8	R\$ 25,90
15	LED 12 W módulo de embutir (150 mm)	4,10	7	R\$ 25,90
16	Refletor LED (120 W)	5,90	2	R\$ 459,90

Fonte: Próprio Autor

A Tabela 4.4 faz parte da planilha RCB, é utilizada para o cálculo da relação custo benefício. No entanto, esta tabela é utilizada para inserção dos dados referentes aos custos unitários de aquisição associados a cada equipamento, bem como a vida útil para cada sistema e a quantidade de equipamentos.

4.5 RESULTADOS

Na Tabela 4.5 são apresentados os custos diretos associados ao projeto do sistema de iluminação tais como:

- Custo de materiais e equipamentos R\$ 16.862,90;
- Custos com mão de obra R\$ 10.285,89;
- Custos de transporte R\$ 1.000,00.

Ressalta-se que nas tabelas a seguir serão representados os dados de saída, ou seja, não são mais os dados inseridos pelo usuário.

Tabela 4.5 - Custos do sistema de iluminação

MATERIAIS E EQUIPAMENTOS					
Materiais e equipamentos	Vida útil	Quantidade	Valor unitário		PEE
LED 10 W módulo de embutir (150 mm)	13,70	3	R\$ 25,90		R\$ 77,70
LED 10 W módulo de embutir (150 mm)	4,10	24	R\$ 25,90		R\$ 621,60
LED 10 W módulo de embutir (150 mm)	13,70	25	R\$ 25,90		R\$ 647,50
LED 10 W módulo de embutir (150 mm)	5,10	4	R\$ 25,90		R\$ 103,60
LED 10 W módulo de embutir (150 mm)	316,10	26	R\$ 25,90		R\$ 673,40
LED 10 W módulo de embutir (150 mm)	1,70	28	R\$ 25,90		R\$ 725,20
LED 10 W módulo de embutir (150 mm)	4,10	7	R\$ 25,90		R\$ 181,30
LED 10 W módulo de embutir (150 mm)	10,30	430	R\$ 25,90		R\$ 11.137,00
LED (2x18W)	5,90	2	R\$ 42,50		R\$ 85,00
LED (2x18W)	5,10	4	R\$ 42,50		R\$ 170,00
LED (1x18W)	5,90	1	R\$ 42,50		R\$ 42,50
LED (1x18W)	5,10	4	R\$ 42,50		R\$ 170,00
Refletor LED (150 W)	4,10	2	R\$ 459,90		R\$ 919,80
LED 10 W módulo de embutir (150 mm)	4,10	8	R\$ 25,90		R\$ 207,20
LED 10 W módulo de embutir (150 mm)	4,10	7	R\$ 25,90		R\$ 181,30
Refletor LED (120 W)	5,90	2	R\$ 459,90		R\$ 919,80
Materiais e equipamentos					R\$ 16.862,90
Mão de obra própria					R\$ 10.285,89
Transporte					R\$ 1.000,00
Sub total - Custos diretos					R\$ 28.148,79

Fonte: Próprio Autor

Na Tabela 4.6 é possível verificar que a redução de demanda na ponta para o sistema de iluminação foi de 5,62 kW, o que representa uma redução de aproximadamente 53% de demanda no horário de ponta. Quanto ao consumo a energia economizada foi de 17,67 MWh/ano, isso representa uma redução percentual de 53,37% no consumo referente ao sistema de iluminação.

O custo anualizado do projeto referente a substituição do sistema existente por um sistema mais eficiente foi de R\$ 5.371,87.

O benefício anualizado do projeto referente a cada local em que foi

implementado o novo sistema é apresentado detalhadamente na Tabela 4.7, no entanto o benefício total anualizado ao novo sistema instalado é de R\$ 7.899,94 apresentado na Tabela 4.7.

A relação custo benefício do projeto é mostrado na Tabela 4.7 e foi de 0,68.

Também é possível verificar na Tabela 4.8 que o tempo necessário para pagar o investimento é de 43 meses e a vida útil média dos equipamentos é em torno de 25 anos.

Tabela 4.6 - Resultado - 1

ILUMINAÇÃO - RESULTADOS ESPERADOS - EX ANTE				REF.FUNÇÃO	RAMPA	RESTAURANT	COZINHA 1	SALÃO EVEN	RECEPÇÃO	ELEVADOR	QUARTOS	FINANCEIRO	COZINHA 1	LAVANDERIA	COZINHA 2	PÁTIO	PÁTIO	PÁTIO	PISCINA		
			TOTAL	ilumin 1	ilumin 2	ilumin 3	ilumin 4	ilumin 5	ilumin 6	ilumin 7	ilumin 8	ilumin 9	ilumin 10	ilumin 11	ilumin 12	ilumin 13	ilumin 14	ilumin 15	ilumin 16		
21	Redução de demanda na ponta	kW	RDP_i	5,62	0,02	0,13	0,22	0,03	0,23	0,24	0,06	3,73	0,04	0,08	0,03	0,06	0,47	0,06	0,04	0,20	
22	Custo evitado de demanda (CED)	473,63	$RDP_i\%$	52,79%	40,00%	40,00%	52,00%	52,00%	52,00%	52,00%	52,00%	62,50%	62,50%	67,86%	55,00%	70,00%	50,00%	40,00%	50,00%		
23	Energia economizada	MWh/ano	EE_i	17,67	0,03	0,70	0,36	0,15	0,02	3,19	0,33	8,16	0,15	0,35	0,10	0,26	2,56	0,35	0,20	0,77	
24	Custo da energia evitada (CEE)	296,42	$EE_i\%$	53,37%	40,00%	40,00%	52,00%	52,00%	52,00%	52,00%	52,00%	62,50%	62,50%	67,86%	55,00%	70,00%	50,00%	40,00%	50,00%		
Benefício anualizado iluminação - Ex ante			R\$	B_{ILUM}	7.899,94	15,37	268,36	208,11	61,43	111,48	1.060,11	127,19	4.184,26	64,39	141,76	40,78	103,95	978,38	134,18	78,27	321,93

Fonte: Próprio Autor

Tabela 4.7 - Resultado - 2

CÁLCULO DA RELAÇÃO CUSTO-BENEFÍCIO - EX ANTE					
	EE	RDP	CA _T PEE	BA _T	RCB _{PEE}
Cálculo por	Energia	Redução de	Custo	Benefício	Por uso
uso final	economizada	demanda na ponta	anualizado	anualizado	final
	MWh/ano	kW	PEE	total	PEE
Iluminação	17,67	5,62	R\$ 5.371,87	R\$ 7.899,94	0,68
Total	17,67	5,62	R\$ 5.371,87	R\$ 7.899,94	0,68

Fonte: Próprio Autor

Tabela 4.8 - Resultado - 3

RESUMO DO CÁLCULO DAS PARCELAS					
Total a pagar de amortização	R\$	28.248,79	Capital a retornar via contrato de desempenho	R\$	33.086,56
Total a pagar de correção monetária	R\$	4.837,77	Parcelas para quitação do saldo	43	meses
Total a pagar de moratória	R\$	-	Vida útil média dos equipamentos	25,56	anos

Fonte: Próprio Autor

Figura 4.5 - Quadro resumo dos resultados

RESUMO DA AVALIAÇÃO EX ANTE					
	RCB_{LIMITE}	0,85			
			RCB_{EX ANTE}		
			0,68		
Recursos do PEE	R\$		Energia economizada	17,67	MWh/ano
Valor da contrapartida	R\$		Redução de demanda na ponta	5,62	kW
Valor total do projeto	R\$	28.248,79	Custo da energia economizada	1.598,95	R\$/MWh
Valor limite a ser repassado	R\$	16.962,90	Custo da demanda evitada	5.024,09	R\$/kW
Taxa de desconto (i)		8,00%	ao ano		
			Toneladas de CO ₂ evitadas	2,42	tCO ₂ eq

Fonte: Próprio Autor

Na Figura 4.5 é apresentada de forma simplificada o resumo dos resultados apresentados anteriormente, como resultado das análises acima desenvolvidas, pode-se concluir que a utilização do sistema de iluminação com base na tecnologia LED é financeira e economicamente viável em substituição ao sistema existente uma vez que, pela análise do método da relação custo benefício esta hipótese é confirmada através de um resultado de 0,68 que é inferior a 0,85 estabelecido como limite de corte pela Agência Nacional de Energia Elétrica para projetos dessa modalidade.

O tempo necessário para recuperar todo o investimento é de 43 meses considerando uma taxa para recuperação de capital semelhante a taxa de IPCA que era de 0,78% ao mês, conforme informação apresentada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística para o período de maio de 2016.

Como a metodologia da relação custo benefício considera que, quanto maior o seu benefício em relação ao seu custo, melhor é a opção considerada, entende-se que a aplicação do sistema a LED apresenta bons resultados tendo em vista que os benefícios anualizados superam os custos anualizados.

Portanto, para a situação estudada, a recomendação é que seja efetuada a troca do antigo e ineficiente sistema de iluminação para o sistema de iluminação proposto de alto rendimento.

5 CONCLUSÕES

Para a realização desse trabalho foi feita a análise tarifária para o caso em estudo com a finalidade de identificar os gastos com energia elétrica. Para tanto, foram levantadas as tarifas de energia elétrica de doze meses do consumidor de modo a caracterizar sua sazonalidade e identificar a estrutura tarifária a qual essa unidade consumidora estava inserida.

Também foi realizado um pré diagnóstico energético, através do qual foi possível fazer o levantamento do inventário de equipamentos que demandam energia elétrica para o caso em estudo e assim mostrar de que maneira ocorria o fluxo de energia gasta no hotel. Foi identificado que os equipamentos existentes no local eram energeticamente ineficientes.

Nessa pesquisa também foi proposto um sistema de iluminação de alto rendimento capaz de substituir o sistema existente. Após a análise inicial, identificou-se que o sistema de iluminação existente era composto basicamente por lâmpadas fluorescentes e, após a análise de viabilidade foi sugerido a troca por um sistema de alto rendimento baseado na tecnologia LED.

Foi utilizado a planilha específica para cálculo da relação custo benefício disponibilizada publicamente no edital de chamada pública da concessionária COPEL para avaliar a eficiência energética do sistema de iluminação tendo como base o método proposto pelo Programa de Eficiência Energética da Agência Nacional de Energia Elétrica.

Identificou-se através da análise da viabilidade uma redução do consumo de energia de aproximadamente 17,67 MWh/ano e também foi verificado uma redução de demanda no horário de ponta de 5,62 kW.

Por fim, foi possível analisar as vantagens sob o ponto de vista energético bem como econômico-financeiras obtidas com a substituição de um sistema de iluminação energeticamente ineficiente por um sistema de alto rendimento para um caso de estudo, baseado em tecnologia LED, após aplicar a metodologia proposta pelo programa de eficiência energética da ANEEL.

Resumidamente, pode-se dizer que a substituição do sistema de iluminação se tornou viável após a troca por equipamentos de maior rendimento. Tal situação, deve ser incentivada uma vez que contribui para a eficiência energética de que a sociedade atual tanto necessita além de reduzir custos para as empresas e também contribuir

para o uso eficiente dos recursos energéticos.

Este trabalho abrange apenas um sistema passível de análise de viabilidade, mas reforça que outras medidas podem ser efetuadas para potencialização da eficiência energética. Sendo assim, como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se a inclusão da mesma análise para outros sistemas tais como: equipamentos de lavanderias e climatização.

5.1 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Resumidamente, pode-se dizer que a substituição do sistema de iluminação se tornou viável após a troca por equipamentos de maior rendimento. Tal situação, deve ser incentivada uma vez que contribui para a eficiência energética de que a sociedade atual tanto necessita além de reduzir custos para as empresas e também contribuir para o uso eficiente dos recursos energéticos.

Este trabalho abrange apenas um sistema passível de análise de viabilidade, mas reforça que outras medidas podem ser efetuadas para potencialização da eficiência energética. Sendo assim, como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se a inclusão da mesma análise para outros sistemas tais como: equipamentos de lavanderias e climatização.

6 REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 50001:2011 - Sistemas de gestão de energia – Requisitos com orientações para uso.** Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ANDRADE, P. **Eficiência energética em edifícios: oportunidades e desafios.** 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2012. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/65326/1/000151060.pdf>>. Acesso em: 10.12.17.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa Nº 830 –** Brasília – DF: ANEEL, 2018.

_____. **Instruções para geração e envio de dados projetos de eficiência energética.** 2013. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/656831/4944694/ManualSGPEE_InstrucoesGeracaoArquivo_V1+5.pdf/5809e964-2435-46c4-b73a-df8179e03fa6>. Acesso em: 11.09.2016.

_____. **Projeto desconto eficiente – motores elétricos.** 2016. Disponível em: <https://www.cpfel.com.br/energias-sustentaveis/eficiencia-energetica/projetos/Paginas/desconto-eficiente---motores-eletricos.aspx>. Acesso em 12.12.2017.

BRASIL. **Lei 9.991** de 24 de julho de 2000. Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências. Brasília – DF: Presidência da República, 2000.

COPEL. **Chamada pública VPDE 003/2017 – Programa de Eficiência Energética.** Disponível em: < [https://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/edital_chamada_publica_pee_copel_001_2017/\\$FILE/Edital%20CHAMADA%20PUBLICA%20PEE%20VPDE%20COPEL%20003-2017.pdf](https://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/edital_chamada_publica_pee_copel_001_2017/$FILE/Edital%20CHAMADA%20PUBLICA%20PEE%20VPDE%20COPEL%20003-2017.pdf)>. Acesso em: 20.08.2017.

COPEL. **Chamada pública PEE 001/2018 – Programa de Eficiência Energética.** Disponível em: < <https://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2Fdocs%2FF6686A645B49B870832582FA006156C9>>. Acesso em: 14.12.2018.

GITMAN, L.J. **Princípios de Administração Financeira.** 12 ed. São Paulo: Pearson, 2010.

HOJI, M. **Administração financeira e orçamentária**: matemática financeira aplicada, estratégias financeiras, orçamento empresarial. 8 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LEÓN, M. **Eficiência energética em instalações residenciais considerando o novo ambiente de medição de consumo**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, São Paulo, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/148834/leon_mft_me_guara_parc.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. Acesso em: 03.01.2018.

NAZARIO, S. ET AL. Boas práticas da eficiência energética no setor hoteleiro: estudo de caso em Rondônia. **IX Congresso Nacional de Excelência em Gestão**. Jun. 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Sergio_Nazario/publication/281068355_BOAS_PRATICAS_DA_EFICIENCIA_ENERGETICA_NO_SETOR_HOTELEIRO_ESTUDO_DE_CASO_EM_RONDONIA/links/55d3884608ae0b8f3ef92f72/BOAS-PRATICAS-DA-EFICIENCIAENERGETICA-NO-SETOR-HOTELEIRO-ESTUDO-DE-CASO-EM-RONDONIA.pdf>. Acesso em: 09.12.2017.

NEPUCENO, T. **Estudo da implementação de medidas de eficiência energética num hotel**. 2016. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente). Universidade de Lisboa. Lisboa, Portugal, 2016. Disponível em: http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/23662/1/ulfc118142_tm_Tiago_Nepomuceno.pdf. Acesso em: 11.12.2017.

PROPEE, **Procedimentos do Programa de Eficiência Energética**. 2018 Módulo 7 – Cálculo de viabilidade - Brasília - DF ANEEL

ROSA, J.; MUHLEN, S. Gerenciamento de Energia Elétrica no Ambiente Hospitalar. Científico Internacional, **8 Jornadas Internacionales de Ingenieria Clinica y Tecnologia Médica**, vol. 1, Argentina, 2002.

SILVA, R. **Estudo da eficiência energética na iluminação** - desenvolvimento de uma ferramenta de cálculo luminotécnico e de rentabilidade. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores). Universidade do Porto, Lisboa – Portugal, 2013. Disponível em: <https://sigarra.up.pt/feup/en/pub_geral.show_file?pi_gdoc_id=355602>. Acesso em: 12.12.2017.

SINPHA. **Informações técnicas**: relatório da pesquisa de posse de equipamentos e hábito de uso classe comercial – AT. Relatório da Classe comercial – hotéis/motéis. 2008. Disponível em: <www.eletrabras.com>. Acesso em: 12.10.2015.