



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

CARLOS DIÊGO MOREIRA OLINDA

ESTUDO DE CASO: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UM CONDOMÍNIO

SOBRAL

2017

CARLOS DIÊGO MOREIRA OLINDA

ESTUDO DE CASO: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UM CONDOMÍNIO

**Monografia apresentada junto ao
Curso de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal do Ceará,
Campus Sobral, como requisito parcial
à obtenção do título de Engenheiro
Eletricista.**

Orientador: Isaac Rocha Machado

SOBRAL

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- O39e Olinda, Carlos Diego Moreira.
Estudo de Caso: Eficiência Energética em um Condomínio / Carlos Diego Moreira Olinda. – 2017.
67 f : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,
Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2017.
Orientação: Prof. Dr. Isaac Rocha Machado.
1. Eficiência Energetica. I. Título.

CDD 621.3

CARLOS DIÊGO MOREIRA OLINDA

ESTUDO DE CASO: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UM CONDOMÍNIO

Monografia apresentada junto ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará, Campus Sobral, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Isaac Rocha Machado

Aprovada em: ___/___/_____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Isaac Rocha Machado (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Marcos Rogério de Castro
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng. Rômulo Fernandes Silva Galdino
Engenheiro Eletricista
Engenheiro de Equipamentos em UTE Termoceará - Petrobras

AGRADECIMENTOS

A Deus que significa simplesmente tudo pra mim, por ter me dado forças e me iluminados nos momentos difíceis nessa batalha vencida.

A minha família, principalmente meus pais Dalton e Astrogilda e meus irmãos Bruno e Dayane, pelo apoio moral e por terem me proporcionado uma condição financeira satisfatória para que pudesse concluir o curso, além de sempre se manterem acreditando que chegaria ao fim dessa jornada com êxito.

Ao Professor Isaac Rocha Machado pela excelente orientação.

A minha banca que é composta pelo Professor Marcos Rogério e ao Engenheiro e amigo Rômulo Galdino, por aceitarem o convite.

A todos os funcionários, em especial, Técnicos e Professores do Bloco da Tecnologia que sempre se empenharam para manter o local com um bom funcionamento harmônico entre as partes.

Aos meus diversos colegas de faculdade pelo companheirismo e parceria nesses inúmeros momentos vivenciados. Aos meus amigos construídos ao longo desse período acadêmico pela ajuda e pelos maus, bons e divertidos momentos passados, obrigado pela compreensão.

Um agradecimento em especial a minha namorada Lanna Nathaly por sempre me incentivar na minha formação acadêmica e estar presente nos momentos de dificuldade que passei ao longo da minha graduação, me apoiando e me erguendo para que pudesse chegar até aqui.

“A persistência é o caminho para o êxito.”

Charles Chaplin

RESUMO

As reservas energéticas estão ficando cada vez mais escassas, por conta disso surge a necessidade de usa-las da forma mais eficiente possível. O assunto Eficiência Energética vem crescendo e tem se tornado cada vez mais abordado. Este trabalho tem por finalidade a aplicação de técnicas voltadas para o uso eficiente de energia. Será apresentado um estudo de eficiência em um condomínio. Uma busca de informações importantes foi realizada no local na qual puderam ser levantados os possíveis pontos de mal uso de energia para que pudessem ser aplicadas simulações de mudanças para um melhor uso energético, a partir de uma Auditoria Energética. Com os dados coletados foram apresentadas várias técnicas e cálculos que levaram a conclusões que possíveis modificações podem fazer com que a energia seja utilizada de forma mais eficiente e econômica. Cálculos de viabilidade econômica dessas possíveis modificações são apresentados. Algumas dessas mudanças consistem na substituição de motores convencionais por de alto rendimento, no uso de lâmpadas mais eficientes e na mudança de modalidade tarifária a partir do investimento em uma subestação particular.

Palavra Chave: Eficiência Energética.

ABSTRACT

The energy reserves are getting scarce, because of the increasing necessity of energy, it is necessary to use them in the most efficient way possible. The subject Energy Efficiency has been growing and has become increasingly addressed. This paper aims to approach the realization of techniques directed to the efficient use of energy. A case study will be presented in a condominium, where an Energy Efficiency study was conducted. A search for essential information was carried out on site where possible points of misuse of energy could be raised so that simulations of changes could be applied for a better energy use, from an Energy Audit. With the data collected, several techniques and calculations were presented that led to conclusions that possible modifications can make the use of energy used more efficiently and economically. Calculations of economic feasibility of these possible modifications are presented. Some of these changes consist of the replacement of conventional motors with higher efficiency, the use of more efficient light bulbs and the change of tariff modality from the investment in a substation.

Keyword: Energy Efficiency.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quadro de cargas e potência instalada.	39
Tabela 3 - Consumo mensal e período de funcionamento das principais cargas.	42
Tabela 4 - Calculo de faturamento da modalidade tarifaria Convencional, grupo B.	43
Tabela 5 - Calculo de faturamento da modalidade tarifaria Horo-sazonal Verde.	44
Tabela 6 - Calculo de faturamento da modalidade tarifaria Horo-sazonal Azul.	45
Tabela 7 - Comparativo entre as modalidades Optante B e Horo-sazonal Verde.	46
Tabela 8 - Comparativo entre as modalidades Grupo B e Horo-sazonal Azul.	47
Tabela 9 - Simulação de Payback do investimento feito para uma subestação.	48
Tabela 10 - Descritivo de valores, matérias e valor total do investimento.	52
Tabela 11 - Simulação de Payback do investimento na troca de lâmpadas.	52
Tabela 12 - Simulação de Payback do investimento na troca de motores.	54
Tabela 13 - Simulação de Payback do investimento total.	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas de um programa de uso eficiente de energia.....	20
Figura 2 - Fatura com classificação Horo-sazonal Verde, referente a Outubro de 2017.24	
Figura 3 - Fatura de energia elétrica com adicional da bandeira vermelha.	28
Figura 4 - Motor de corrente continua em um Laminador de Barras a Quente.....	29
Figura 5 – Aplicação de um motor síncrono em Laminadores(siderurgia).	30
Figura 6 - Aplicação de um motor de indução em bombeamento de água.	30
Figura 7 - Foto via satélite do Condomínio Santa Barbara.	37
Figura 8 - Fotos das lâmpadas fluorescentes instaladas no condomínio.	38
Figura 9 - Motores de 5cV, localizados na sala de maquinas do condomínio.	38
Figura 10 - Placa de dados de um motor de 5cv da WEG.....	39
Figura 11 - Faturamento e histórico de todas as contas de energia do condomínio.....	40
Figura 12 - Gráfico Comparativo das Modalidades Tarifárias.....	47
Figura 13 - Gráfico de Redução de Custos com Energia..	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CA	Corrente Alternada
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará.
CC	Corrente Contínua
ENEL	Enel Distribuição do Ceará
FP	Fator de Potência
MME	Ministério de Minas e Energia
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica.

LISTA DE SÍMBOLOS

V	Volts
h	Hora
min	Minutos
W	Watts
kW	Quilowatts
%	Porcentagem
kWh	Quilowatts-hora
TWh	Terawatts-hora
CV	Cavalo-vapor
VA	Volt Ampere
kVA	QuiloVolt Ampere
R\$	Reais
a.a	Ao ano
a.m.	Ao mês
V_{cons}	Valor do consumo, em R\$.
K_p	Tarifa de consumo na ponta.
C_p	Consumo medido na ponta.
K_{fp}	Tarifa de consumo fora da ponta.
C_{fp}	Consumo medido fora da ponta.
P_{MA}	Potência do motor antigo expresso em quilowatt (kW).
P_{AR}	Potência do motor de alto rendimento expresso em quilowatt (kW).
C_{MA}	Consumo do motor antigo expresso em (kWh/mês).
C_{AR}	Consumo do motor de alto rendimento expresso em (kWh/mês).
R_{MA}	Rendimento do motor antigo.
R_{AR}	Rendimento do motor de alto rendimento.
T	Tempo de funcionamento, no mês, do motor.
V_{dem}	Valor da demanda.
K_d	Tarifa de demanda.
D_{cont}	Demanda contratada.
V_{dem}	Valor da demanda.

K_{dP}	Tarifa de demanda na ponta.
D_{contP}	Demanda contratada na ponta.
K_{dFP}	Tarifa de demanda fora de ponta.
D_{contFP}	Demanda contratada fora de ponta.
E	Economia de energia gerada na troca dos motores, expressa em kWh/mês.
V_E	Valor economizado no mês.
I_T	Valor do investimento final.
I_I	Valor do investimento sem considerar desconto.
D_T	Desconto adquirido na troca dos motores.
V_{Et}	Valor economizado em um determinado período.
i	Juros referentes a inflação.
F_{Ct}	Fluxo de caixa no período t .
t	Período de retorno.
C_{L1}	Custo mensal de funcionamento (R\$) da lâmpada instalada no local.
$P1$	Potência (em W) da lâmpada instalada.
$P2$	Potência (em W) da nova lâmpada instalada.
K	Custo do kWh (R\$).
T	Período de operação da lâmpada em horas.
C_{L1}	Custo mensal de funcionamento (R\$) da nova lâmpada instalada no local.
n	Número de lâmpadas a serem trocadas.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	16
1.1 MOTIVAÇÃO.....	16
1.2 OBJETIVO.....	17
1.3 METODOLOGIA.....	18
2. CONCEITOS BÁSICOS.....	19
2.1. AUDITORIA ENERGÉTICA	19
2.2. ANÁLISE TARIFÁRIA	21
2.2.1. ESTRUTURA TARIFÁRIA CONVENCIONAL – OPTANTE PELO GRUPO B.....	22
2.2.2. ESTRUTURA TARIFÁRIA HORO-SAZONAL.....	23
2.2.2.1. Horo-Sazonal Verde	24
2.2.2.2. Horo-Sazonal Azul	25
2.2.3. BANDEIRAS TARIFÁRIAS	27
2.3. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM MOTORES ELÉTRICOS	28
2.4. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	31
2.5. METODOLOGIA DE CÁLCULOS DE EFICIÊNCIA.....	32
2.5.1. MOTORES ELÉTRICOS	32
2.5.1.1. Vida Útil do Motor.....	32
2.5.1.2. Cálculo de Consumo de Energia	33
2.5.1.3. Cálculo de Tempo de Retorno.....	34
2.5.2. CÁLCULO DE VIABILIDADE EM SUBSTITUIÇÃO DE LÂMPADAS	36
3. ESTUDO DE CASO NO CONDOMINIO SANTA BARBARA.....	37
3.1. AUDITORIA ENERGÉTICA	37
3.1.1. DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CASO	37
3.1.2. PARECER DA AUDITORIA	41

3.2. ANÁLISE TARIFÁRIA	41
3.2.1. SIMULAÇÃO DA TARIFA CONVENCIONAL, GRUPO B (ATUAL)	42
3.2.2. SIMULAÇÃO DA TARIFA HORO-SAZONAL VERDE.....	43
3.2.3. SIMULAÇÃO DA TARIFA HORO-SAZONAL AZUL.....	43
3.2.4. COMPARATIVO ENTRE AS MODALIDADES TARIFÁRIAS.....	46
3.3. SISTEMA DE ILUMINAÇÃO.....	49
3.3.1. SUBSTITUIÇÃO DE LÂMPADAS FLUORESCENTES DE 15W POR LÂMPADAS LED DE 7W	49
3.3.2. SUBSTITUIÇÃO DE LÂMPADAS FLUORESCENTES DE 12W POR LÂMPADAS LED DE 5W	50
3.3.3. GRÁFICO DE REDUÇÃO DE CUSTOS COM A TROCA	50
3.3.4. PROVÁVEL CONSUMO DOS REFLETORES 50W	51
3.3.5. TEMPO DE RETORNO DE INVESTIMENTO (PAYBACK).....	51
3.4. SUBSTITUIÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS	53
4. CONCLUSÕES.....	55
APÊNDICE	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

1. INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO

As principais fontes de geração de energia no Brasil são provenientes de Hidrelétricas, contudo com a falta de chuva aumentam às preocupações por parte das indústrias e os demais consumidores, pois o custo de energia é aumentado dependendo do custo de geração de energia elétrica.

Além de necessitarmos de outras fontes, não utilizamos essa energia da forma mais eficiente. Muitas vezes na compra de lâmpadas, são selecionadas as mais baratas, e só se nota a escolha errada no recebimento da fatura de energia elétrica. Indústrias que são as maiores consumidoras de energia, tem na sua maior parcela de gastos com eletricidade os motores elétricos. Muitos prédios comerciais com cargas e contas altas desconhecem o uso de subestações próprias e mudança de modalidade tarifária, que dependendo das características das cargas, podem proporcionar uma redução no valor da conta de energia.

Desta forma o termo Eficiência Energética vem ganhando ainda mais espaço nesse cenário. As indústrias buscam sempre uma forma de redução no consumo ou de pagamento, a fim de que possam oferecer produtos ainda mais baratos para acompanhar os valores de mercado. Atualmente, com as altas tarifas de energia os consumidores vêm buscando alternativas para o melhor aproveitamento dos recursos.

O Brasil possui várias instituições que lidam regularmente com o tema da eficiência energética, tais como o Ministério de Minas e Energia – MME, ELETROBRÁS, responsável pela execução do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), a PETROBRÁS, responsável pela execução do Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados de Petróleo e Gás Natural (Conpet); a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, responsável pela execução do Programa de Eficiência Energética das Concessionárias Distribuidoras de Energia Elétrica – PEE; as próprias concessionárias distribuidoras, como a ENEL que atende o Ceará; o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, Inmetro, responsável pela execução do Programa Brasileiro de Etiquetagem-PBE e algumas grandes empresas industriais, que possuem programas internos de conservação de energia. Há outras que lidam com o tema de forma transversal ou mesmo esporadicamente. (1)

A busca de informações e procura por profissionais da área de eficiência energética são opções para um melhor planejamento para a redução do uso inconsciente de energia.

Utilização de equipamentos mais eficientes, mudanças de hábito de consumo ou de processos podem ser soluções para isso. O Procel realiza um trabalho de etiquetagem nos equipamentos eletrônicos vendidos no Brasil, taxando os mesmos ao nível de eficiência, fazendo com que as fabricantes busquem adequar seus produtos ao mercado e terem um melhor aproveitamento de energia. Esse trabalho é realizado desde geladeira, ar-condicionado, quanto em sistemas de iluminação, lâmpadas e reatores, por exemplo.

Um exemplo de utilização de equipamentos mais eficientes seria viabilidade da troca de motores elétricos antigos por motores novos de alta eficiência, algumas empresas fabricantes de motores possuem programas de troca que proporcionam benefícios na hora da compra, dando descontos pelo recebimento de motores antigos.

O governo federal também estimula o uso eficiente de energia, um exemplo disso é o Projeto Nova Geladeira que consiste na troca de geladeiras antigas por geladeiras novas por um baixo custo de mercado, fazendo com que os consumidores realizem essas trocas.

Tanto no setor residencial e comercial como no setor industrial estão sendo usadas algumas técnicas para o conceito de eficiência energética, como a troca de motores antigos por de alto rendimento, o uso de lâmpadas mais eficientes na iluminação, além do uso de sensores de presença, para acionamento dessas lâmpadas, em locais de pouco movimento, dentre outras.

A redução econômica proporcionada pela eficiência é o principal motivo de interesse das indústrias. Com os constantes aumentos tarifários a procura por profissionais da área tem crescido bastante por conta dos altos valores pagos com consumo de energia elétrica, principalmente por indústrias.

1.2 OBJETIVO

O principal objetivo desse trabalho é apresentar passo a passo a realização de um estudo de eficiência energética em um condomínio residencial localizado na cidade de Fortaleza, utilizando técnicas como a auditoria do local de estudo, onde foi feito um levantamento de informações importantes como, quadro de cargas, planta do local,

histórico de consumo, informações de funcionamento das cargas e o tipo de acionamento de motores e lâmpadas. A partir dessas informações serão realizados estudos de viabilidade econômica na possível mudança de modalidade tarifária, na troca de motores elétricos antigos por de alto rendimento e no uso de lâmpadas mais eficientes. Por fim apresentar resultados e conclusões diante dos estudos realizados.

1.3 METODOLOGIA

A metodologia consiste em conhecer o local de trabalho como um todo, fazendo levantamento de cargas, dados de consumo ativo e reativo, se possível, memórias de massa e telemedições para que possa fazer o diagnóstico, onde, levantamos pontos de ineficiência energética, além de identificar cargas que necessitam mudanças ou modificação de processos. Ter informações de projetos elétricos do local, conhecimentos sobre mudanças na instalação ao longo dos anos. Observar ou solicitar aos funcionários os períodos de funcionamento das cargas. Levantar os pontos de desperdício para se podem fazer o cálculo econômico após o problema ser resolvido. Por fim apresentar cálculo de viabilidade total do projeto de Eficiência Energética.

2. CONCEITOS BÁSICOS

2.1. AUDITORIA ENERGÉTICA

Na década de 80 surge um conceito bastante bem visto por profissionais do ramo industrial que é a auditoria energética que tem como objetivo o uso consciente e eficaz da energia, visando minimizar perdas e diminuir custos, tendo em vista que a tendência dos valores das tarifas energéticas era de aumento sucessivo. Proveniente do latim “auditiu”, que significa auditório, audiência e audição, sendo atribuída ao ato de ouvir, ou ainda pode ser considerado como um estudo minucioso. Apesar desse termo “auditoria” possa ter aparentado durante anos um significado de fiscalização, atualmente esse conceito já muda seu patamar para um investimento muito bem visto. (1)

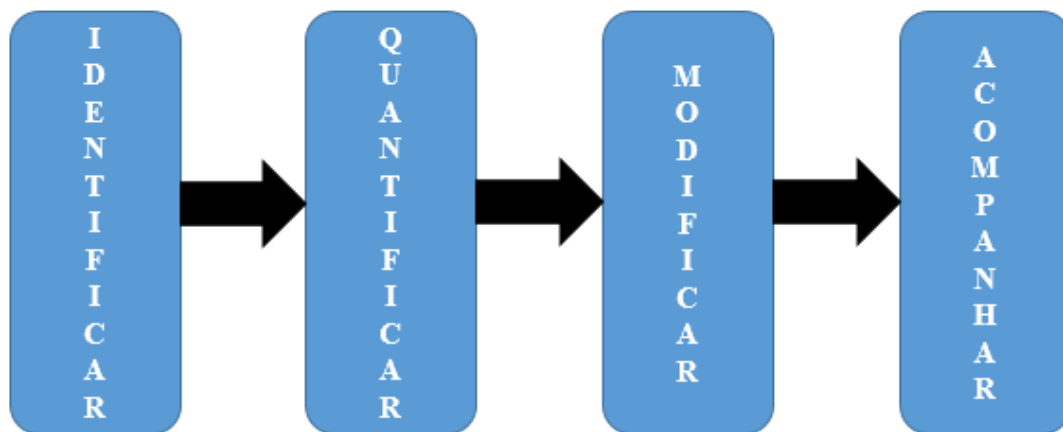
Para realizar o estudo de eficiência energética é preciso adquirir conhecimentos de engenharia, economia e de administração voltados para sistemas energéticos. Só será possível sua realização a partir de métodos e estudos que ajudem a resolver os eventuais problemas levantados diante da auditoria. Aqui será apresentado como será feito o plano de ação para a realização do trabalho tendo conhecimento de quem, por quanto tempo e de que forma está sendo consumido essa energia. O acordo entre gastos com investimento e gastos com execução e operação tem que possuir uma viabilidade econômica antes de ser posta em prática.

Conhecer o local de trabalho e levantar informações importantes relacionado com a instalação e os seus equipamentos elétricos usados, são ações de extrema importância para que assim possa se fazer o diagnóstico de sua realidade atual. Assim, alguns questionamentos são usados para realização da Auditoria Energética: (1)

- Quanta energia está sendo consumida?
- Quem está consumindo energia?
- Como se está consumindo energia, com qual eficiência?

Estes questionamentos exclusivamente não resolvem a implementação do uso eficiente de energia, porem já se pode fazer um projeto detalhado e estruturado, podendo estabelecer metas, priorizar algumas técnicas e acompanhar o trabalho a ser realizado.

Figura 1 - Etapas de um programa de uso eficiente de energia



Fonte: Do autor

A realização da auditoria energética na prática pode ser dividida em algumas etapas, figura 1, para facilitar sua realização, essas etapas são:

1- Identificação:

- Levantamento de dados gerais do local;
- Identificar os tipos de cargas existentes;
- Consumos mensais de água, energia elétrica e combustíveis, ao longo de um ano;
- Projetos da instalação elétrica do local a ser feita a auditoria;

2- Quantificação:

- Estudo do fluxo de consumo dos equipamentos;
- Consumos mensais de água, energia elétrica e combustíveis, ao longo de um ano;
- Quantitativo energético e de materiais;
- Caracterização do consumo energético;
- Valores de temperatura e pressão de locais importantes;
- Características elétricas e especificação de equipamentos, de caráter energético;
- Considerações ambientais;

3- Modificação:

- Avaliação das perdas de energia;
- Análise de viabilidade dos estudos técnicos e econômicos das possíveis alternativas de redução de consumo;

- Propor soluções e definir conclusões;
- Possíveis alterações da instalação;

4- Acompanhamento

- Fazer a análise do consumo após as possíveis modificações para os próximos anos, para poder ter uma garantia de redução do trabalho realizado;

Essas etapas para que sejam efetuadas com clareza é necessário que sejam levantadas algumas informações importantes como instrumentação e o quadro de funcionários. Para facilitar poderá ser preparado um relatório organizado, para que sejam facilmente consultados para a realização do projeto de eficiência energética.

2.2. ANÁLISE TARIFÁRIA

Os consumo de energia elétrica é calculado através de uma leitura feita mensalmente pela empresa distribuidora de sua localidade, valor esse correspondente ao consumo entre o período da leitura anterior e atual. A empresa regulamentadoras das tarifas cobradas no Brasil é a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que baseiam os valores das tarifas em números que possam poder investir em infraestrutura e boa qualidade de entrega, mantendo a confiabilidade para o consumidor.

Os consumidores são divididos em classes e subclasses que são elas:

- Residencial – estão presentes residências, consumidores de baixa renda que são tratados de uma forma específica.
- Industrial – que são definidos por aquelas que exercem atividades industriais, transporte de matéria-prima e insumo.
- Comercial – que podem ser definidos por serviços de transporte, comunicação e telecomunicação, dentre outros.
- Rural – enquadrado para atividades no campo, como agropecuária, irrigação rural, indústria rural, dentre outros.
- Iluminação Pública – iluminação de praças, ruas, estradas e o restante da iluminação que está no domínio público.
- Serviço Público – serviços de água, esgoto, saneamento básico e afins.

- Consumo Próprio – própria distribuidora de energia.

Para o faturamento do grupo B é considerado apenas o consumo de energia, já o grupo A, além do consumo, são cobrados tarifas por potência de demanda e energia ativa e reativa. São medidos valores de potência em intervalos de 15 min num período de 30 dias e é calculado a média desses valores para a solicitação demanda de potência que é dada em quilowatt e apenas alguns consumidores pagam por demanda solicitada, dependendo de sua estrutura tarifária.

As modalidades tarifárias são divididas em dois grupos: Grupo A para clientes que serão conectados em média ou alta tensão, de 2,3 a 230 kV e o Grupo B para clientes que optam por se conectar à rede de baixa tensão, inferior a 2,3 kV.

A ENEL, distribuidora que atende ao Ceará, dispõe ainda de uma sub divisão para os clientes do Grupo A: Onde o mesmo divide – se em três modalidades: Optante pelo Grupo B, Horo-sazonal Azul e Horo-sazonal Verde. Abaixo serão apresentadas as características de cada modalidade tarifaria.

As instalações elétricas devem ter um fator de potência (FP) não inferior a 0,92 sendo indutivo ou capacitivo. Caso o FP seja inferior a margem será cobrado um valor pelo consumo e demanda de energia reativa na fatura de energia elétrica. Existem tarifas tanto para o consumo, quanto para demanda, com valores diferentes para horários de ponta e fora de ponta, dependendo da modalidade tarifaria. Os valores que virão nas faturas são calculados pelo produto de suas tarifas por seus consumos e demandas.

2.2.1. ESTRUTURA TARIFÁRIA CONVENCIONAL – OPTANTE PELO GRUPO B

Características básicas:

- Clientes com potência igual ou inferior a 112,5 kVA.
- Clientes com instalações permanentes para a prática de atividades esportivas ou parques de exposições agropecuárias, desde que a potência instalada em projetores utilizados na iluminação dos locais seja igual ou superior a 2/3 (dois terços) da carga instalada total.

- Clientes situados em área de veraneio ou turismo, que exploram serviços de hotelaria ou pousada, independentemente da carga instalada.

2.2.2. ESTRUTURA TARIFÁRIA HORO-SAZONAL

Nessa modalidade tarifária os dias úteis são separados em dois segmentos, chamados de horário de ponta e horário fora de ponta, assim definidos:

- Horário de ponta: Composto por 03 (três) horas diárias, compreendido de 17:30 às 20:30 horas, exceção feita aos sábados, domingos e feriados nacionais;
- Horário fora de ponta: Composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares às definidas no horário de ponta;
- Também o ano é dividido em dois períodos, chamados de período úmido (de chuvas) e seco, assim definidos:
- Período úmido: Período de 5 (cinco) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras efetuadas nos meses de Dezembro de um ano a Abril do ano seguinte;
- Período seco: Período de 7 (sete) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras efetuadas nos meses de Maio a Novembro;

A figura 2 mostra um exemplo de conta de energia elétrica com classificação Horo-Sazonal Verde. As demais características dessa modalidade serão abordadas a seguir.

Figura 2 - Fatura com classificação Horo-sazonal Verde, referente a Outubro de 2017.

VALORES DE FATURAMENTO DESCRIÇÃO	TOTAL MEDIDO	TARIFA (R\$)	VALORES (R\$)
(A) Contrato de Energia			
Demanda Faturada Fora Ponta sem ICMS	138	12,60000	1.738,80
Consumo Faturado Ponta	605	1,76878	1.070,11
Consumo Faturado Fora Ponta	12.182	0,42851	5.220,10
Consumo Reativo Excedente Ponta	5	0,36565	1,82
Consumo Reativo Excedente Fora de Ponta	2.468	0,36565	902,42
Demanda Faturada Fora de Ponta	112	17,60000	1.971,20
Subtotal(A)			10.904,45
(B) Outros Encargos			
AJUSTE		115	25,89
Adicional Bandeira Vermelha Mes (R\$ 517,11)			
Subtotal(B)			25,89

Fonte: Do próprio autor.

2.2.2.1. Horo-Sazonal Verde

Modalidade tarifária indicada às unidades consumidoras onde é possível a reprogramação da utilização da carga (demanda) ao longo das horas do dia, do segmento de ponta para o segmento fora de ponta.

A parcela de consumo é calculada a partir da equação 1.

$$V_{cons} = (K_p * C_p) + (K_{fp} * C_{fp}) \quad (1)$$

Onde:

V_{cons} - Valor do consumo, em R\$.

K_p - Tarifa de consumo na ponta.

C_p - Consumo medido na ponta.

K_{fp} - Tarifa de consumo fora da ponta.

C_{fp} - Consumo medido fora da ponta.

O valor pago por demanda é calculado pelo produto da tarifa de demanda pela demanda contratada ou pelo valor medido delas (escolha da maior entre elas), equação 2, com limite de 10% de ultrapassagem. As tarifas de demanda para essa modalidade independem de horário. Caso seja ultrapassado os 10% será cobrado uma nova tarifa de ultrapassagem por cada kW.

$$V_{dem} = K_d * D_{cont} \quad (2)$$

Onde:

V_{dem} – Valor da demanda.

K_d – Tarifa de demanda.

D_{cont} – Demanda contratada.

Características básicas:

- Tarifa única de demanda de potência (kW) (Ponta e Fora de Ponta);
- Uma tarifa de consumo para o horário da ponta úmido (kWh);
- Uma tarifa de consumo para o horário fora da ponta úmido (kWh);
- Uma tarifa de consumo para o horário da ponta seco (kWh);
- Uma tarifa de consumo para o horário fora da ponta seco (kWh);
- Atendimento somente para ligações em tensão de 13.8 kV;
- Demanda contratada mínima de 30 kW.
- A unidade consumidora que optar pela celebração de contrato de fornecimento de energia elétrica nessa estrutura, deverá especificar 1 (um) valor de demanda a ser contratado e seu faturamento será realizado conforme o critério a seguir:
- A demanda (kW) a ser faturada, será o maior valor entre a demanda máxima medida e a contratada, exceto se classificada como rural ou reconhecida como sazonal, e os consumos (kWh) serão os totais mensais efetivamente medidos por segmento horário (ponta e fora de ponta);
- Para as unidades consumidoras enquadradas como rural ou reconhecida como sazonal, a demanda (kW) a ser faturada, será o maior valor entre a demanda máxima medida no ciclo de faturamento e 10% (dez por cento) da demanda contratada, e os consumos (kWh) serão os totais mensais efetivamente medidos por segmento horário (ponta e fora de ponta);

2.2.2.2. *Horo-Sazonal Azul*

Na estrutura tarifária azul a utilização de energia, ou seja, as tarifas (preços em R\$) da demanda de potência (KW) e de consumo de energia (kWh) no horário de ponta

são mais elevadas do que as do horário de fora de ponta. As tarifas aplicadas no período seco são ligeiramente mais elevadas que as no período úmido.

Essa modalidade tarifária é indicada às unidades consumidoras onde a utilização da carga (demanda) ao longo das horas do dia, no segmento de ponta é maleável, ou seja, existe a possibilidade de redução de carga nesse horário.

Para o cálculo da parcela de consumo nessa modalidade é usado a equação 1. Diferente da modalidade Verde essa tarifa possui uma parcela de demanda na ponta e outra fora da ponta com tarifas diferentes. O valor pago de demanda, caso não ultrapasse 10%, é calculado a partir da equação 3. Caso seja ultrapassado os 10% serão cobrados novas tarifas de ultrapassagem por cada kW.

$$V_{dem} = (K_{dP} * D_{contP}) + (K_{dFP} * D_{contFP}) \quad (3)$$

Onde:

V_{dem} – Valor da demanda.

K_{dP} – Tarifa de demanda na ponta.

D_{contP} – Demanda contratada na ponta.

K_{dFP} – Tarifa de demanda fora de ponta.

D_{contFP} – Demanda contratada fora de ponta.

Características básicas:

- Uma tarifa de demanda de potência no horário de ponta (kW);
- Uma tarifa de demanda de potência no horário fora de ponta (kW);
- Uma tarifa de consumo para o horário da ponta úmido (kWh);
- Uma tarifa de consumo para o horário fora da ponta úmido (kWh);
- Uma tarifa de consumo para o horário da ponta seco (kWh);
- Uma tarifa de consumo para o horário fora da ponta seco (kWh);
- Obrigatória para ligações em tensão de 69 kV;
- Opcional para ligações em tensão de 13,8 kV;
- Demanda contratada mínima de 30 kW em pelo menos um dos seguimentos horários (ponta ou fora de ponta).

- A unidade consumidora que optar pela celebração de contrato de fornecimento de energia elétrica nessa estrutura, deverá especificar 2 (dois) valores de demanda a ser contratados, 1 (um) para o segmento de ponta e outro para o segmento fora de ponta e seu faturamento será realizado conforme o critério a seguir:
- As demandas (kW) a serem faturadas, serão os maiores valores entre as demandas contratadas e as máximas medidas por segmento horário (ponta e fora de ponta), exceto se classificada como rural ou reconhecida como sazonal, e os consumos (kWh) serão os totais mensais efetivamente medidos por segmento horário (ponta e fora de ponta);
- Para unidades consumidoras enquadradas como rural ou com o benefício da sazonalidade, as demandas (kW) a serem faturadas, serão as maiores entre as máximas medidas no ciclo de faturamento e 10 % (dez por cento) da contratada por segmento horário (ponta e fora de ponta), e os consumos (kWh) serão os totais mensais efetivamente medidos por segmento horário (ponta e fora de ponta).

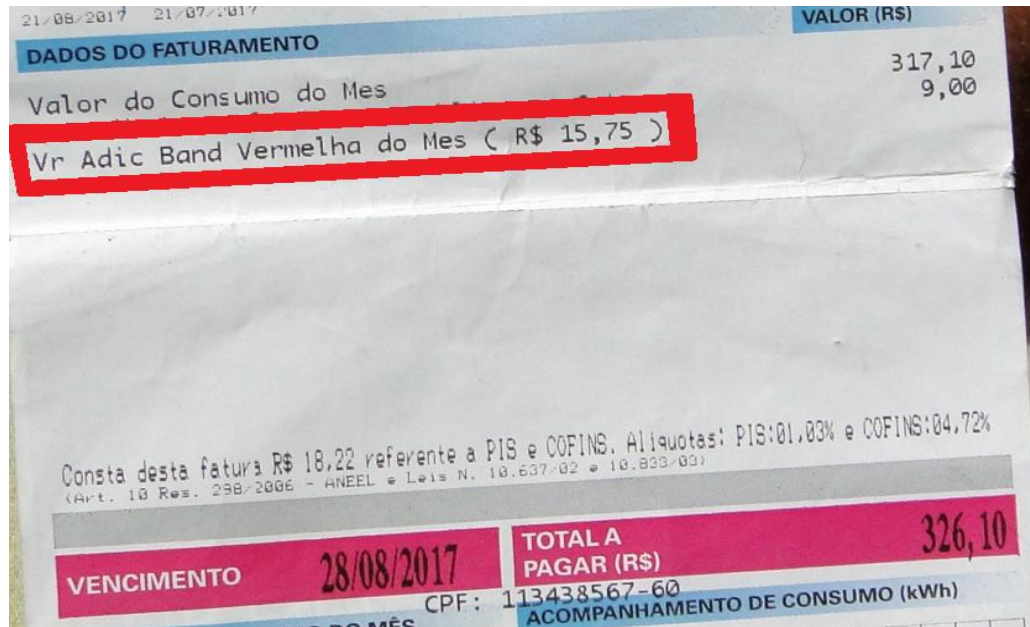
2.2.3. BANDEIRAS TARIFÁRIAS

De acordo com a ANEEL a partir do ano de 2015 sugeriram as chamadas bandeiras tarifárias nas contas de energia, esse sistema apresenta três tipos de modalidade: Verde, Amarela e Vermelha. Elas indicam que irá ocorrer uma alteração no valor da tarifa, causada por conta das condições de geração de energia. Cada bandeira apresenta um acréscimo diferente. A figura 3 mostra um exemplo de adicional por bandeira vermelha.

- **Bandeira Verde:** A tarifa permanece à mesma. A geração apresenta boas condições.
- **Bandeira Amarela:** A tarifa sofre um acréscimo de R\$0,010 para cada quilowatt-hora (kWh) consumido. A geração apresenta algumas condições menos favoráveis.
- **Bandeira Vermelha – Patamar 1:** A tarifa sofre um acréscimo de R\$0,030 para cada quilowatt-hora (kWh) consumido. A geração apresentam custos elevados.

- Bandeira Vermelha – Patamar 2: A tarifa sofre um acréscimo de R\$0,050 para cada quilowatt-hora (kWh) consumido. A geração apresenta custos ainda mais elevados.

Figura 3 - Fatura de energia elétrica com adicional da bandeira vermelha.



Fonte: (15)

2.3. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM MOTORES ELÉTRICOS

O motor elétrico é uma máquina responsável por converter energia elétrica em energia mecânica. Este tipo de máquina é muito presente nas mais diversas formas de uso, podendo ser encontrado com diversos tamanhos e potências, podendo assim ser utilizado para uma infinidade de funções em vários tipos de cargas.

Motores de Corrente Contínua são motores que necessitam para seu funcionamento uma fonte CC, ou um conversor CA/CC (corrente alternada / corrente contínua). Esse motor é menos usual que o de corrente alternada, além de apresentar um custo mais elevado de instalação e manutenção. Possui uma grande variedade de uso no mercado como bombas a pistão, tornos, mandrilhadoras, máquinas de moagem e têxteis, guindastes, prensas, fornos, dentre outras.

Figura 4 - Motor de corrente contínua em um Laminador de Barras a Quente.



Fonte: (7)

Os motores mais usuais atualmente são os Motores de Corrente Alternadas, por conta de seu funcionamento em corrente alternada, baixo valor de aquisição e manutenção, facilidade de transporte, facilidade de limpeza, além de possuir também um vasto campo de aplicação em cargas e detém os melhores rendimentos. Os fabricantes possuem uma grande diversidade em relação ao uso desse tipo de máquina, por exemplo, podemos encontrar motores usados em serviços submersos, em alta temperatura, etc... Dentre os motores de corrente alternada podemos destacar o motor síncrono e o motor de indução.

O motor síncrono funciona com o rotor girando com a mesma frequência da rede, tendo sua velocidade fixa, se estiver ligado diretamente à rede, ou seja, sem interferência do escorregamento.

Esse tipo de máquina possui um alto custo em potências baixas, sua viabilidade é mais bem vista para trabalhar com grandes cargas, com potências acima de 15.000 CV. Possuem uma diversidade de aplicações como corrigir fator de potência de instalações, britadores, uso na mineração, siderúrgica, bombas, processos que exigem alta eficiência, saneamento, compensadores síncronos, dentre outros usos.

Figura 5 – Aplicação de um motor síncrono em Laminadores(siderurgia).



Fonte: (8)

O motor de indução ou assíncrono tem em seu funcionamento sua velocidade constante, porém com o acoplamento da carga em seu uso essa velocidade é variada. Podemos considerar como vantagens alguns pontos como: sua grande simplicidade de funcionamento, robustez em sua arquitetura, elevada confiabilidade e baixa manutenção. Geralmente apresentam baixa variação em sua velocidade, alto rendimento, dentre outras. Podemos encontrar seu uso na mineração, saneamento, aplicações navais, petróleo e gás, cimento, celulose e papel, entre outras.

Figura 6 - Aplicação de um motor de indução em bombeamento de água.



Foto: (9)

Os motores elétricos de indução são responsáveis pela maior parte do consumo nacional tendo em vista a quantidade de motores em uso e seu uso ineficiente. Muitas vezes os custos com motores antigos são maiores que o próprio valor do motor.

Estima-se que exista no mundo mais de 300 milhões de motores que consomem aproximadamente 7.400 TWh por ano, equivalente a 40% da produção mundial de eletricidade. (10)

Ao longo dos anos passaram por uma evolução em seu rendimento, porém todo motor possui uma vida útil, fazendo com que ao longo dos anos sua eficiência caia e o consumo de energia aumente consideravelmente. Em outros casos os altos valores de consumos de energia por motores é causado pelo superdimensionamento, fazendo com que trabalhem mais que o necessário, tendo em vista que quanto menor a potência fornecida em relação a potência nominal, menor será o rendimento da máquina.

O uso eficiente de energia vem proporcionando maiores economias ao longo dos anos através de algumas técnicas. Uma delas pode ser a otimização no tempo de uso dessas máquinas, fazendo com que trabalhem apenas o tempo necessário ou em horários fora de ponta, dependendo da modalidade tarifária vigente.

Apesar de alguns investidores ainda não aprovarem, devido aos altos custos, a troca de motores antigos por motores de alta eficiência é uma ótima opção para a redução de consumo de energia. Alguns fabricantes recebem os motores antigos gerando descontos na aquisição de motores novos.

2.4. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

A iluminação é responsável por boa parte do consumo de energia elétrica no mundo. Cerca de 23% do consumo no setor residencial e cerca de 44% no setor comercial e serviços públicos e cerca de apenas 1% no setor industrial. (1)

O custo de aquisição de lâmpadas menos eficientes faz com que os consumidores optem por sua compra, porém a escolha de lâmpadas, reatores e refletores mais eficientes podem proporcionar um consumo mais econômico, por isso é necessário a realização do estudo de eficiência energética no sistema de iluminação.

Uma das maneiras para diminuir o consumo de energia em edifícios e condomínios pode ser o uso sensores de presença para acionamento de lâmpadas em locais com pouco fluxo de pessoas, como os corredores das edificações. A lâmpada irá

entrar em funcionamento apenas quando sentir a presença de alguém e irá desligar após o tempo definido pelo fabricante, contudo antes mais um teste de presença é realizado para que a luz não apague antes que acabe o fluxo de pessoas.

Outra solução para a diminuição de consumo no sistema de iluminação seria a troca de lâmpadas incandescentes por fluorescentes, ou, por lâmpadas com eficiência ainda maior, por exemplo a LED, visto que possuem uma vida útil maior e um consumo bem menor.

2.5. METODOLOGIA DE CÁLCULOS DE EFICIÊNCIA

2.5.1. MOTORES ELÉTRICOS

Os cálculos de viabilidade serão baseados na troca de um motor comum e antigo por um motor novo de alto rendimento. Os motores possuem as mesmas especificações, porém eficiências diferentes. É preciso observar algumas características técnicas, para que sejam realizados os cálculos e que seja feita a escolha mais viável. Devemos considerar alguns parâmetros como:

- 1- Vida útil do motor;
- 2- Consumo de Energia;
- 3- Tempo de retorno

2.5.1.1. Vida Útil do Motor

Como estamos falando em troca de motores com rendimento baixo por motores de alto rendimento, temos que levar em conta sua vida útil, que é o tempo que o motor permanece com um bom rendimento e valor de mercado para troca. Essa consideração é feita para saber se há viabilidade no investimento ao longo do tempo. Não existem maneiras exatas de descobrir essa vida útil, apenas cálculos probabilísticos para essa estimativa ou estimativas fornecidas por alguns fabricantes.

A temperatura do ambiente pode chegar a degradar os materiais isolantes da máquina mais rapidamente caso estejam acima da temperatura indicada pelo fabricante. O dimensionamento incorreto também pode influenciar, pois os motores podem ser forçados a carregar uma carga maior do que foram projetados. A falta de manutenção

periódica do mesmo também pode alterar a vida útil do motor. A vida útil de isolamento dos enrolamentos é afetada por fatores com vibrações, umidade, ambientes corrosivos e outros. Como a temperatura na isolação é o fator mais preocupante na vida útil, muitas vezes é recomendado o uso de sensores de temperatura, para que seja feito um monitoramento contínuo.

Há ainda estudos estatísticos que mostram que a vida útil de um motor varia de acordo com a sua potência.

Tabela 1 - Vida Útil Média de um Motor de Indução.

Potência (HP)	Tempo de Vida (Anos)	Vida Útil Média (Anos)
<1	10 a 15	12,9
1 a 5	13 a 19	17,1
5 a 20	16 a 20	19,4
21 a 50	18 a 26	21,8
50 a 125	24 a 33	28,5
<125	25 a 38	29,3

Fonte: (5).

A Tabela 1 nos mostra valores de tempo de vida e de tempo de vida útil média de motores de indução. Todos estes dados são aproximados e foram obtidos através de estudos estatísticos. Ainda através do mesmo estudo estatístico, a vida útil estimada para motores de indução é de 13,3 anos, considerando-se todas as faixas de potência. (5)

2.5.1.2. Cálculo de Consumo de Energia

O consumo de energia pode ser encontrado a partir de um simples cálculo desenvolvido com as equações 4 e 5.

$$C_{MA} = \frac{P_{MA} * T}{R_{MA}} \quad (4)$$

$$C_{AR} = \frac{P_{AR} * T}{R_{AR}} \quad (5)$$

Onde:

P_{MA} – Potência do motor antigo expresso em quilowatt (kW).

P_{AR} – Potência do motor de alto rendimento expresso em quilowatt (kW).

C_{MA} – Consumo do motor antigo expresso em (kWh/mês).

C_{AR} – Consumo do motor de alto rendimento expresso em (kWh/mês).

R_{MA} – Rendimento do motor antigo.

R_{AR} – Rendimento do motor de alto rendimento.

T – Tempo de funcionamento, no mês, do motor.

2.5.1.3. Cálculo de Tempo de Retorno

Esta seção será a metodologia de cálculos do tempo necessário para que o capital investido nos motores de alto rendimento seja pago pela economia de energia realizada na troca.

Como já visto anteriormente será considerada uma vida útil para os motores. Os motores de alto rendimento trazem uma economia relativamente boa, porém há um custo com a compra e instalação do mesmo, então esse tempo calculado já servirá para essa análise de viabilidade. Um tempo de até 40% de sua vida útil de retorno será considerado como tolerante para o investimento, tendo em vista que ainda restaram mais da metade da vida útil economizar com o investimento.

Alguns fabricantes de motores para influenciar esse tipo de troca, recebem os motores antigos em troca de um desconto, que em média é de 20% na compra do novo, porém dependerá do modelo do motor.

Primeiro precisamos calcular a economia mensal gerada na troca, que é a diferença entre o consumo do motor antigo pelo consumo do motor novo e logo após multiplicar pelo valor da tarifa de energia.

$$E = C_{MA} - C_{AR} \quad (6)$$

$$V_E = E * K \quad (7)$$

Onde:

E – Economia de energia gerada na troca dos motores, expressa em kWh/mês.

K – Valor da tarifa por quilowatt consumido.

V_E – Valor economizado no mês.

Em seguida devemos levar em consideração o desconto na troca, caso tenha, no cálculo do investimento.

$$I_T = I_I - D_T \quad (8)$$

Onde:

I_T – Valor do investimento final.

I_I – Valor do investimento sem considerar desconto.

D_T – Desconto adquirido na troca dos motores.

Para o cálculo de tempo de retorno de investimento deverá ser abordado alguns conceitos de economia. As tarifas sofrem uma alteração a cada mês devido ao aumento da inflação a cada ano, aumentando assim o valor economizado. Para descobrir o valor economizado a cada mês podemos utilizar a equação 9 de juros compostos.

$$V_{Et} = V_E * (1 + i)^t \quad (9)$$

Onde:

V_{Et} – Valor economizado em um determinado período.

i – Juros referentes a inflação.

Por fim, a partir de um fluxo de caixa descontado, será estimado o tempo de retorno de investimento, onde os valores economizados a cada mês serão descontados do valor de investimento e quando, em um determinado período “t”, o fluxo de caixa descontado for igual a zero, “t” será o período de retorno de investimento.

$$I_T = \sum_1^t V_{Et} \quad (10)$$

Onde:

F_{Ct} – Fluxo de caixa no período t

t – período de retorno

2.5.2. CÁLCULO DE VIABILIDADE EM SUBSTITUIÇÃO DE LÂMPADAS

O cálculo de viabilidade para lâmpadas é feita a partir de sua troca por lâmpadas mais eficientes em relação a gasto de energia elétrica. Nesse caso de troca de lâmpadas incandescentes por fluorescentes, ou incandescentes e fluorescentes por lâmpadas LED.

Primeiramente o mais correto a se fazer é mapear o tempo de operação de todas as lâmpadas existentes no local de estudo, porém pode ser calculado um valor médio para facilitar os cálculos. Será considerado um período de 30 dias.

$$C_{L1} = \frac{P_1 * K * T * 30}{1000} \quad (11)$$

Onde:

C_{L1} - Custo mensal de funcionamento (R\$) da lâmpada instalada no local;

P1 - Potência (em W) da lâmpada instalada;

K - Custo do kWh (R\$);

T - Período de operação da lâmpada em horas

30 – Número de dia em um mês.

O mesmo cálculo se repete para a lâmpada que será substituída, alternando apenas a potência no cálculo para encontrar o novo valor de custo mensal.

$$C_{L2} = \frac{P_2 * K * T * 30}{1000} \quad (12)$$

Onde:

C_{L1} - Custo mensal de funcionamento (R\$) da nova lâmpada instalada no local;

P2 - Potência (em W) da nova lâmpada instalada;

A partir da diferença entre os valores dos consumos gerados por cada tipo de lâmpada, será encontrado o valor estimado de economia mensal.

$$V_E = (C_{L1} - C_{L2}) * n \quad (13)$$

Onde:

V_E – Valor economizado no mês em R\$.

n – Número de lâmpadas a serem trocadas

Por fim para calcularmos o tempo estimado de retorno (PayBack), utilizamos as equações 9 e 10 da secção 2.5.1.

3. ESTUDO DE CASO NO CONDOMINIO SANTA BARBARA

3.1. AUDITORIA ENERGÉTICA

3.1.1. DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CASO

O estudo foi realizado no Condomínio Santa Barbara, localizado na Rua Tibúrcio Rodrigues 100, Bairro São João do Tatuapé, na cidade de Fortaleza, Ceará. O mesmo possui 12 Blocos com 15 apartamentos em cada um, totalizando 180 apartamentos. Cada bloco tem 4 pavimentos e não possuem elevadores. Sua fundação foi cerca de 30 anos, então trata-se de uma construção bem antiga. Por conta disso a mesma possui algumas irregularidades perante normas técnicas. As plantas da edificação não foram encontradas pela administração. Com ajuda do Google Maps temos uma imagem via satélite do Condomínio, figura 7.

Figura 7 - Foto via satélite do Condomínio Santa Barbara.



Fonte: Google Maps

Foi observado que a maior parte da iluminação é composta por lâmpadas fluorescentes de 12W e de 15W. São 18 lâmpadas por bloco, 9 de 12W e 9 de 15W, e ainda existem 20 lâmpadas fluorescentes de 15W distribuídas pelo estacionamento, 18 lâmpadas fluorescentes de 15W espalhadas no jardim, salão de festa e administração. A quadra de esportes não possui nenhuma iluminação no momento, pois estava desativada por estar deteriorada, mas acaba de ser reformada, necessitando apenas a iluminação. Está previsto a instalação de dois refletores de led de 50W para a iluminação da mesma, em que só poderão ser ligadas apenas entre 18 e 22 horas quando solicitada por os condôminos.

Figura 8 - Fotos das lâmpadas fluorescentes instaladas no condomínio.



Fonte: Do próprio autor

Na sala de máquinas existem dois motores de 5 CV cada (um reserva), que já estão ativos há aproximadamente 13 anos. Esses motores possuem um rendimento de 85,6% e fator de potência de 0,8. A figura 10 mostra os dados de placa. De acordo com o operador de máquinas do condomínio, seu período de funcionamento diário é de 12 horas em que se inicia às 6 horas e se encerra às 18 horas e é operada de forma manual pelo próprio operador. Esse motor tem a função enviar a água da cisterna do condomínio para as caixas de cada bloco, além de transportar água do poço profundo para a cisterna. Seu acionamento é feito com partida direta.

Figura 9 - Motores de 5cV, localizados na sala de maquinas do condomínio.



Fonte: Do próprio autor.

Figura 10 - Placa de dados de um motor de 5cv da WEG.



Fonte: Do próprio autor.

Existem ainda, outras cargas com pouco uso como furadeira, máquina de aparar grama, parafusadeira, ventilador, com seus tempos de uso irrelevantes. A tabela 1 mostra o quadro de carga e a potência instalada no condomínio.

Tabela 1 - Quadro de cargas e potência instalada.

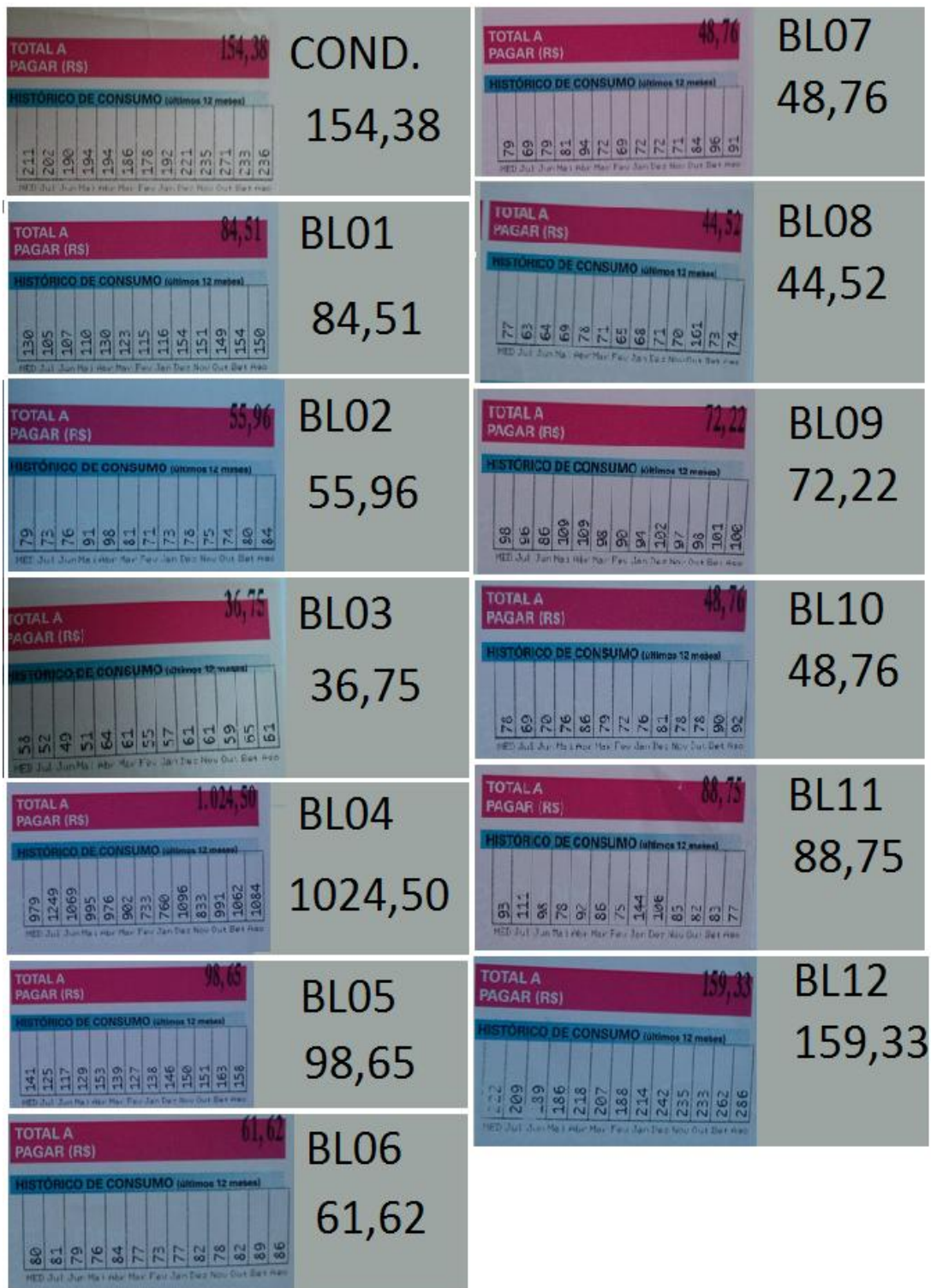
Carga	Potência (kW)	Quantidade	Período de funcionamento	Potência total (kW)
Motor 5cv	3,68	1	5h às 17h	3,68
Lâmpada 15W	0,015	146	18h às 6h	2,19
Lâmpada 12W	0,012	108	18h às 6h	1,296
Total				7,166

Fonte: Do próprio autor.

O faturamento das contas de energia do condomínio está dividido em 13 contas de energia, um para cada bloco, sendo que no bloco 4 se incluem as cargas da sala de máquinas e há um faturamento para as cargas restantes. No atual contrato, as contas estão na modalidade tarifária grupo B, na classe residencial trifásico. Na figura 12 estão os dados relacionados à unidade consumidora em questão. Na figura 11 estão os

faturamentos referentes ao mês de julho e o histórico de consumo dos últimos 12 meses das 13 contas.

Figura 11 - Faturamento e histórico de todas as contas de energia do condomínio.



Fonte: Livro de Faturamento de contas do mês de julho do condomínio Santa Barbara

3.1.2. PARECER DA AUDITORIA

A partir dos dados adquiridos do condomínio Santa Bárbara puderam ser realizados alguns estudos técnicos, com o intuito de conseguir uma redução na conta final de energia da unidade consumidora em questão, e fazer com que a energia seja utilizada da forma mais eficiente possível.

Primeiramente nota-se que a leitura do faturamento total do condomínio foi dividida em 13 contas, então será realizado um estudo de viabilidade na mudança de modalidade tarifária a partir da junção de todos os medidores em apenas um, com mudança de contrato do grupo B para o grupo A de consumidores. A partir desse estudo será comprovado se essa mudança proporcionará uma redução significativa dos gastos com energia, visto que no grupo A em algumas horas do dia a tarifa é mais barata. Caso seja viável essa mudança será proposto a instalação de uma subestação própria ao condomínio.

Outro ponto levantado foi a iluminação do condomínio que são utilizadas lâmpadas fluorescentes em quase todos os locais. Visto que são 108 lâmpadas fluorescente de 12W e 146 lâmpadas de 15W que foi realizado o estudo de viabilidade da troca das lâmpadas desse tipo por lâmpadas Led de 5W e 7W respectivamente, visto que essas possuem um menor gasto de energia para produzir e iluminar o mesmo.

Por fim ainda se pode notar a presença de dois motores elétricos (um deles sendo reserva) de 5CV de potência, que possuem um rendimento de 85,6 com 13 anos de uso. Será realizado um estudo de viabilidade da troca desses motores por motores de alto rendimento.

3.2. ANÁLISE TARIFÁRIA

Como já visto, o condomínio Santa Barbara se encontra na atual situação como um consumidor do Grupo B, classe 1 – Residencial Trifásico em todas as suas contas. Foi proposto a união de todas as contas, para assim pode fazer a simulação da migração de análise tarifária para o Grupo A e ser estudada sua viabilidade econômica.

O estudo seria realizado com base dos últimos 12 meses de consumo, porém com a mudança de administração da concessionária que atende a unidade consumidora, só foi

possível serem disponibilizados as tarifas dos últimos 8 meses da conta de energia fornecida pelo condomínio. Nesse caso o histórico é de dezembro de 2016 a julho de 2017.

Foi feito uma tabela das principais cargas usadas e seu período de funcionamento, para separar as cargas que são usadas nos horários de ponta e fora de ponta. O horário de ponta compreende 3 horas do dia (17:30 as 20:30h) e o horário fora de ponta representa o complementar.

Tabela 2 - Consumo mensal e período de funcionamento das principais cargas.

Carga	Quantidade	Período de funcionamento	Potência (kW)	Consumo mensal(kWh)
Motor 5cv	1	5h às 17h	3,68	1324,8
Lâmpada 15W	146	18h às 6h	2,19	788,4
Lâmpada 12W	108	18h às 6h	1,296	466,56

Fonte: Do próprio autor.

Com base nesses valores, podemos considerar que 10% no consumo diário é realizado no horário de ponta. A Demanda mínima contratada ao primeiro ano de contrato para as tarifas Sazonais é de 53 kW, podendo ser reduzida para 30 kW a partir do ano seguinte. Então tivemos duas situações de cálculos, uma para os cálculos do primeiro ano da mudança e o outro para os anos seguintes.

Foram realizadas simulações de mudança tarifárias do grupo B para horo-sazonal azul e verde e por fim foram comparadas todas as tarifas para a escolha da que mais seja viável o uso.

3.2.1. SIMULAÇÃO DA TARIFA CONVENCIONAL, GRUPO B (ATUAL)

A simulação foi realizada encontrando os valores médios das contas atuais. Foram multiplicados os consumos pelos os valores das tarifas mensais para essa modalidade - tabela 3. As mudanças de cores, verde, amarela e vermelha, representam as bandeiras tarifárias que sofreram alteração ao longo dos meses. (Consultar seção 2.2.3. O memorial de cálculos encontra-se no Apêndice).

Tabela 3 - Calculo de faturamento da modalidade tarifaria Convencional, grupo B.

Convencional, grupo B			
Mês	Consumo (kWh)	Tarifa (R\$/kWh)	Pagamento previsto(R\$)
jul/17	2504	0,719559831	1801,78
jun/17	2273	0,713404383	1621,57
mai/17	2245	0,659807606	1481,27
abr/17	2376	0,757087028	1798,84
mar/17	2189	0,748707483	1638,92
fev/17	1911	0,713404383	1363,32
jan/17	2061	0,713832983	1471,21
dez/16	2512	0,713404383	1792,07

Fonte: Do próprio autor

3.2.2. SIMULAÇÃO DA TARIFA HORO-SAZONAL VERDE

Para determinar os valores médios do faturamento da modalidade horo-sazonal verde foram utilizadas as equações 1 e 2, onde foram calculados os valores pagos por demanda para o primeiro ano de contrato com 53kW e para os anos seguintes com 30kW, multiplicando pelo valor da tarifa de demanda de cada mês. Lembrando que essa modalidade não sofre alteração de tarifa de demanda em horário de ponta e fora de ponta. Também foram calculados os valores de consumo na ponta e fora de ponta multiplicando o valor das tarifas de consumo pelo consumo. Foi considerado 10% do consumo total do mês na ponta. O memorial de cálculos encontra-se no Apêndice e os valores resultantes foram organizados na tabela 4.

3.2.3. SIMULAÇÃO DA TARIFA HORO-SAZONAL AZUL

Os mesmo cálculos usados na modalidade tarifaria Horo-sazonal Verde para cálculo de consumo foram utilizados para a Azul com alteração apenas na demanda que existe uma diferença no valor da tarifa para o horário de ponta e fora de ponta. Por esse motivo, foi utilizada a equação 3 para a realização desses cálculos. A tabela 5 mostra os valores de previsão de pagamento calculados para o primeiro ano e para os anos seguintes de acordo com os resultados do memorial de cálculos que se encontra no Apêndice.

Tabela 4 - Calculo de faturamento da modalidade tarifaria Horo-sazonal Verde.

Horo-sazonal Verde									
Mês	Tarifa Demandada	Valor 1 Demandado (R\$)	Valor 2 Demandado (R\$)	Tarifa Consumo		Valor Consumido(R\$)		Pagamento Previsto 1 (R\$)	Pagamento Previsto 2 (R\$)
				F.Ponta	Ponta	F.Ponta	Ponta		
jul/17	17,4464364	924,66	523,39	0,413774	1,742122	932,48	436,23	2293,37	1892,10
jun/17	14,7102972	779,65	441,31	0,410582	1,70051	839,93	386,53	2006,10	1667,76
mai/17	14,7301969	780,70	441,91	0,356576	1,648249	720,46	370,03	1871,19	1532,40
abr/17	17,9918834	953,57	539,76	0,441741	1,811619	944,62	430,44	2328,63	1914,82
mar/17	14,8148148	785,19	444,44	0,443734	1,742827	874,20	381,50	2040,89	1700,15
fev/17	14,7102972	779,65	441,31	0,410582	1,70051	706,16	324,97	1810,77	1472,44
jan/17	14,7191349	780,11	441,57	0,410829	1,701532	762,05	350,69	1892,85	1554,31
dez/16	14,7102972	779,65	441,31	0,410582	1,70051	928,24	427,17	2135,06	1796,72

Fonte: Do próprio autor

Tabela 5 - Calculo de faturamento da modalidade tarifaria Horo-sazonal Azul.

Horo-sazonal Azul												
Mês	Tarifa Demandada		Valor ano 1 Demandado(R\$)		Valor ano 2 Demandado(R\$)		Tarifa Consumo		Valor Consumido(R\$)		Pagamento Previsto ano 1 (R\$)	Pagamento Previsto ano 2 (R\$)
	F.Ponta	Ponta	F.Ponta	Ponta	F.Ponta	Ponta	F.Ponta	Ponta	F.Ponta	Ponta		
jul/17	17,44644	46,69873	832,20	247,50	471,05	140,10	0,41377	0,60978	932,48	152,69	2164,87	1696,32
jun/17	14,71030	44,58121	701,68	236,28	397,18	133,74	0,41058	0,61924	839,93	140,75	1918,64	1511,60
mai/17	14,73020	44,64152	702,63	236,60	397,72	133,92	0,31148	0,52043	629,35	116,84	1685,42	1277,83
abr/17	17,99188	48,15873	858,21	255,24	485,78	144,48	0,44174	0,64387	944,62	152,98	2211,06	1727,86
mar/17	14,81481	44,89796	706,67	237,96	400,00	134,69	0,44373	0,65388	874,20	143,13	1961,96	1552,03
fev/17	14,71030	44,58121	701,68	236,28	397,18	133,74	0,41058	0,61924	706,16	118,34	1762,46	1355,42
jan/17	14,71913	44,60799	702,10	236,42	397,42	133,82	0,41083	0,61962	762,05	127,70	1828,27	1420,99
dez/16	14,71030	44,58121	701,68	236,28	397,18	133,74	0,41058	0,61924	928,24	155,55	2021,76	1614,72

Fonte: Do próprio autor.

3.2.4. COMPARATIVO ENTRE AS MODALIDADES TARIFÁRIAS

Primeiramente foi feito um comparativo entre a atual modalidade, Convencional, e a modalidade tarifária Horo-sazonal Verde. Em nenhum dos meses a mudança apresentou economia, ao contrário, apresentou um aumento na fatura. Com isso já podemos confirmar a inviabilidade na mudança para essa modalidade. A tabela 6 demonstra esse comparativo, mostrando os valores em vermelho na economia, representando os valores negativos.

Tabela 6 - Comparativo entre as modalidades Optante B e Horo-sazonal Verde.

Mês	Convencional (Atual)	Horo-sazonal Verde		Economia (R\$)	
		ANO 1	ANO 2	ANO 1	ANO 2
jul/17	R\$ 1.801,78	R\$ 2.293,37	R\$ 1.892,10	- 491,59	- 90,32
jun/17	R\$ 1.621,57	R\$ 2.006,10	R\$ 1.667,76	- 384,53	- 46,20
mai/17	R\$ 1.481,27	R\$ 1.871,19	R\$ 1.532,40	- 389,93	- 51,13
abr/17	R\$ 1.798,84	R\$ 2.328,63	R\$ 1.914,82	- 529,79	- 115,98
mar/17	R\$ 1.638,92	R\$ 2.040,89	R\$ 1.700,15	- 401,97	- 61,23
fev/17	R\$ 1.363,32	R\$ 1.810,77	R\$ 1.472,44	- 447,46	- 109,12
jan/17	R\$ 1.471,21	R\$ 1.892,85	R\$ 1.554,31	- 421,64	- 83,10
dez/16	R\$ 1.792,07	R\$ 2.135,06	R\$ 1.796,72	- 342,99	- 4,65
VALOR ECONOMIZADO NO ANO			SALDO	- 5.114,83	- 842,58

Fonte: Do próprio autor.

Logo após foram comparados os valores de faturamento entre as modalidades Optante B (atual contrato) e a Horo-sazonal Azul. Por conta da demanda contratada ao no ano inicial que é mais alta do que os anos posteriores, o primeiro ano apresentou um déficit de economia, porém com a redução de demanda nos anos posteriores, a economia apresentou um valor positivo de economia anual. A tabela 7 mostra os valores de economia no ano 1 e nos próximos anos.

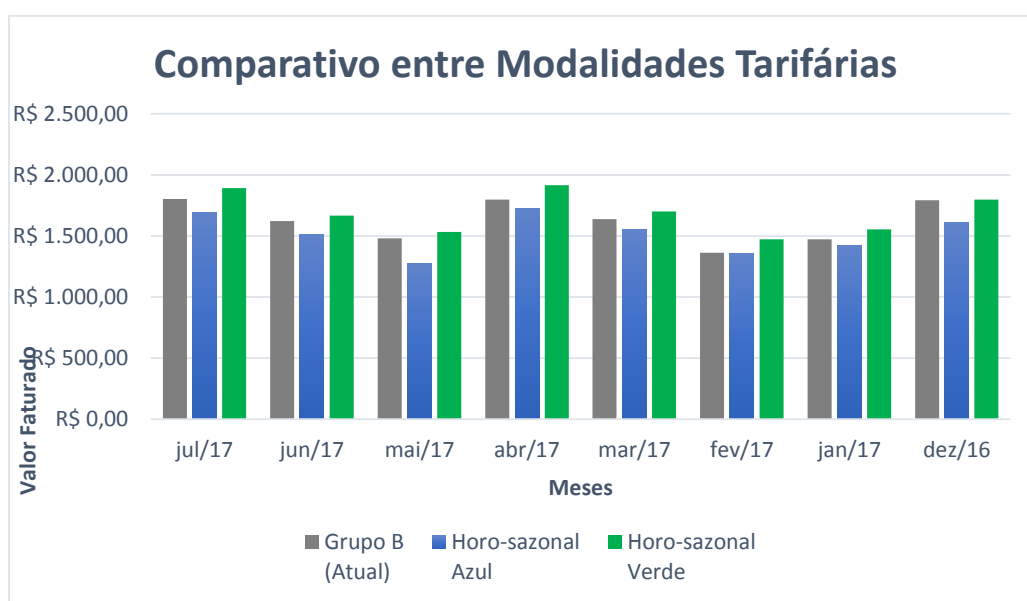
Tabela 7 - Comparativo entre as modalidades Grupo B e Horo-sazonal Azul.

Mês	Convencional (Atual)	Horo-sazonal Azul		Economia (R\$)	
		ANO 1	ANO 2	ANO 1	ANO 2
jul/17	R\$ 1.801,78	R\$ 2.164,87	R\$ 1.696,32	-363,09	105,46
jun/17	R\$ 1.621,57	R\$ 1.918,64	R\$ 1.511,60	-297,08	109,96
mai/17	R\$ 1.481,27	R\$ 1.685,42	R\$ 1.277,83	-204,15	203,44
abr/17	R\$ 1.798,84	R\$ 2.211,06	R\$ 1.727,86	-412,22	70,98
mar/17	R\$ 1.638,92	R\$ 1.961,96	R\$ 1.552,03	-323,04	86,89
fev/17	R\$ 1.363,32	R\$ 1.762,46	R\$ 1.355,42	-399,14	7,90
jan/17	R\$ 1.471,21	R\$ 1.828,27	R\$ 1.420,99	-357,06	50,22
dez/16	R\$ 1.792,07	R\$ 2.021,76	R\$ 1.614,72	-229,69	177,35
VALOR ECONOMIZADO NO ANO			SALDO	-3.878,21	1.218,30

Fonte: Do próprio autor.

A partir do Gráfico da figura 12 foi feito um comparativo dos valores de consumo mensal simulado entre as três modalidades tarifárias a partir do segundo ano de contrato, onde será reduzida a demanda contratada, fazendo com que haja uma redução nos valores das faturas.

Figura 12 - Gráfico Comparativo das Modalidades Tarifárias.



Fonte: Do próprio autor.

Para confirmar a viabilidade dessa mudança tarifária, foi preciso saber primeiro os custos para isso, para poder encontrar o tempo de retorno para o investimento. Para realizar essa migração, deverá ser instalada uma subestação aérea no local, em que o cliente desembolsará cerca de R\$ 18.000,00. Ainda será levado em conta o déficit gerado no primeiro ano de contrato na modalidade Horo-sazonal azul, que foi a que gerou mais economia.

O cálculo de tempo de retorno de investimento (payback), tabela 8, foi calculado o fluxo de caixa e o fluxo de caixa acumulado a partir dos investimentos e das economias geradas a cada ano, com a ajuda das equações 9 e 10. Os valores posteriores de economia anual foram considerados um reajuste inflacionário de 10% em cima do valor da economia do ano anterior. O payback é indicado na coluna de fluxo de caixa acumulado. Quando o primeiro ano, na sequência, possuir um valor positivo, significa que aquele período é o tempo de retorno de investimento. Os cálculos se encontram no Apêndice e os resultado estão descritos na tabela 8.

Tabela 8 - Simulação de Payback do investimento feito para uma subestação.

PAYBACK		
ANO	FLUXO DE CAIXA	FLUXO DE CAIXA ACUMULADO
0	-R\$ 18.000,00	-R\$ 18.000,00
1	-R\$ 4.266,03	-R\$ 22.266,03
2	R\$ 1.474,15	-R\$ 20.791,88
3	R\$ 1.621,56	-R\$ 19.170,32
4	R\$ 1.783,72	-R\$ 17.386,60
5	R\$ 1.962,09	-R\$ 15.424,51
6	R\$ 2.158,30	-R\$ 13.266,22
7	R\$ 2.374,13	-R\$ 10.892,09
8	R\$ 2.611,54	-R\$ 8.280,55
9	R\$ 2.872,69	-R\$ 5.407,85
10	R\$ 3.159,96	-R\$ 2.247,89
11	R\$ 3.475,96	R\$ 1.228,07
12	R\$ 3.823,56	R\$ 5.051,62
13	R\$ 4.205,91	R\$ 9.257,54
14	R\$ 4.626,50	R\$ 13.884,04
15	R\$ 5.089,15	R\$ 18.973,19

Fonte: Do próprio autor

O tempo de retorno de investimento que é de 11 anos. Ao longo do trabalho de eficiência serão mostradas outras técnicas que caso aplicados podem diminuir o consumo mensal de energia.

3.3. SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Como já visto na seção de Auditoria, foi feito um levantamento de 254 fluorescentes, em que 108 delas, que são de 12W, estão localizadas nos corredores dos blocos e as 146 restantes, são de 15W estão espalhadas pelo restante do condomínio. Todas as lâmpadas ficam em funcionamento entre 17:30 as 5:30 durante todos os dias da semana, possuindo 12 horas de duração diária. Será proposto o uso de sensores de movimento para as lâmpadas nos corredores dos blocos, já que o fluxo de pessoas é menor nesses locais, então será admitido uma duração de 3 horas entre ligamento e desligamento dessas lâmpadas.

Os cálculos a seguir serão feitos para simulações de duas situação. A primeira para a substituição das lâmpadas fluorescentes de 15W por lâmpadas Led de 7W com funcionamento diário de 12h para os dois tipos, tendo em vista que para essas lâmpadas não serão utilizados sensores de movimento devido ao alto fluxo de pessoas e carros nesses locais. A segunda para a substituição de lâmpadas fluorescentes de 12W por lâmpadas Led de 5W, sendo que no primeiro tipo de lâmpada tem uma utilização diária de 12h e o segundo tipo, por conta do uso de sensores de presença, foi considerado 3 horas de funcionamento diário.

3.3.1. SUBSTITUIÇÃO DE LÂMPADAS FLUORESCENTES DE 15W POR LÂMPADAS LED DE 7W

Foram usadas as equações (7) e (8) para calcular, a início, o custo operacional de cada tipo de lâmpada. Logo após foi utilizada a equação (9) para calcular o valor economizado no mês com a substituição, por lâmpada. O custo de tarifa é de 0,706 por kWh, retirada conta de energia de julho de 2017.

$$C_{L1} = \frac{P_1 * K * T * 30}{1000} = \frac{15 * 0,706 * 12 * 30}{1000} * (kW) \left(\frac{R\$}{kW * h} \right) (h) = R\$3,81 \text{ por lâmpada}$$

$$C_{L2} = \frac{P_2 * K * T * 30}{1000} = \frac{7 * 0,706 * 12 * 30}{1000} * (kW) \left(\frac{R\$}{kW * h} \right) (h) = R\$1,78 \text{ por lâmpada}$$

$$V_E = (C_{L1} - C_{L2}) * n = (3,81 - 1,78) * 146 = R\$296,38 \text{ por conjunto, ao mês}$$

3.3.2. SUBSTITUIÇÃO DE LÂMPADAS FLUORESCENTES DE 12W POR LÂMPADAS LED DE 5W

Foram utilizadas as mesmas equações utilizadas na seção 3.3.1. para cálculos de substituição. O custo de tarifa é o mesmo. A mudança será no período de funcionamento da segunda lâmpada que é de 3h por conta do uso de sensores de movimento.

$$C_{L1} = \frac{P_1 * K * T * 30}{1000} = \frac{12 * 0,706 * 12 * 30}{1000} * (kW) \left(\frac{R\$}{kW * h} \right) (h) = R\$3,05 \text{ por lâmpada}$$

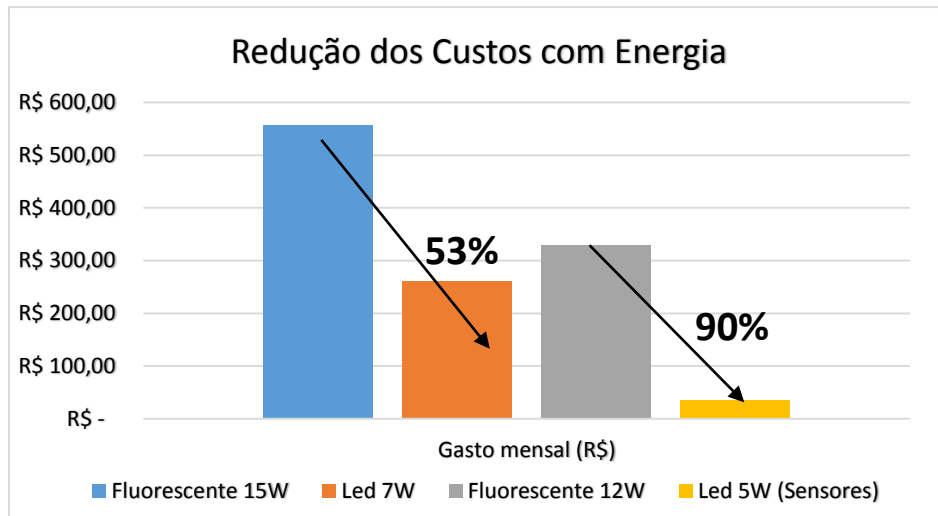
$$C_{OL2} = \frac{P_2 * K * T * 30}{1000} = \frac{5 * 0,706 * 3 * 30}{1000} * (kW) \left(\frac{R\$}{kW * h} \right) (h) = R\$0,32 \text{ por lâmpada}$$

$$V_E = (C_{L1} - C_{L2}) * n = (3,05 - 0,32) * 108 = R\$294,84 \text{ por conjunto, ao mês}$$

3.3.3. GRÁFICO DE REDUÇÃO DE CUSTOS COM A TROCA

A partir do gráfico da figura 13, abaixo, observam-se duas situações que influenciam a redução dos gastos com energia relacionados a iluminação. A primeira foi em relação a troca das 146 lâmpadas fluorescentes de 15W por lâmpadas de 7W, em que sem nenhuma modificação no tempo de funcionamento das mesmas já se pode prever uma redução significativa de 53% comparado a situação atual. A segunda foi no uso de sensores de movimento utilizados para acionar as 108 lâmpadas Led de 5W que substituirão as fluorescentes de 12W. Seu uso diminuirá significativamente o tempo de funcionamento diário das lâmpadas, consequentemente proporcionará uma redução de 90% dos gastos com energia nessa segunda situação.

Figura 13 - Gráfico de Redução de Custos com Energia.



Fonte: Do próprio autor.

3.3.4. PROVÁVEL CONSUMO DOS REFLETORES 50W

Será feita uma estimativa do provável consumo dos 2 refletores Led de 50W que serão instalados na quadra de esportes no mês. Será considerado um uso máximo dessas cargas com 4 horas de funcionamento diário. Considerando “n” o número de lâmpadas.

$$C_L = \frac{P * K * T * 30 * n}{1000} = \frac{50 * 0,706 * 4 * 30 * 2}{1000} = R\$8,47 \text{ de aumento}$$

3.3.5. TEMPO DE RETORNO DE INVESTIMENTO (PAYBACK)

Primeiro foi calculado o gasto com o investimento feito na troca, onde para isso foram pesquisados valores de materiais. As lâmpadas Led de 5W e 7W custam em torno de 7 e 8 reais a unidade, respectivamente, os sensores de presença custam em torno de 30 reais cada. A economia mensal gerada por a troca das lâmpadas foi a soma das economias calculadas nas seções 3.3.1 e 3.3.2, que somadas são R\$ 591,22. A tabela 9 mostra o valor descrito do valor total do investimento. Valores baseados de lojas na internet.

Tabela 9 - Descritivo de valores, matérias e valor total do investimento.

Item	Quantidade	Valor unidade (R\$)	Valor final (R\$)
Led 5W	108	7	756
Led 7W	146	8	1168
Sensor de Presença	108	30	3240
Mão de obra	X	10% investimento	516,40
Valor Total do Investimento	X	X	5680,40

Fonte: Do próprio autor

Para sabermos o tempo de retorno do capital investido na substituição das lâmpadas foi utilizado a equação 6 E 7. Foi considerada uma taxa de inflação de 10% ao ano, equivale a 0,7974% ao mês. Os valores de fluxo de caixa acumulados foram calculados a cada mês, tabela 10.

Tabela 10 - Simulação de Payback do investimento na troca de lâmpadas.

PAYBACK		
MÊS	FLUXO DE CAIXA	FLUXO DE CAIXA ACUMULADO
0	-R\$ 5.680,40	-R\$ 5.680,40
1	R\$ 595,93	-R\$ 5.084,47
2	R\$ 600,69	-R\$ 4.483,78
3	R\$ 605,48	-R\$ 3.878,30
4	R\$ 610,30	-R\$ 3.268,00
5	R\$ 615,17	-R\$ 2.652,83
6	R\$ 620,08	-R\$ 2.032,75
7	R\$ 625,02	-R\$ 1.407,73
8	R\$ 630,00	-R\$ 777,73
9	R\$ 635,03	-R\$ 142,70
10	R\$ 640,09	R\$ 497,39
11	R\$ 645,20	R\$ 1.142,59
12	R\$ 650,34	R\$ 1.792,93

Fonte: Do próprio autor

Pode-se notar que o investimento a ser realizado terá um retorno financeiro a partir do 10º mês, visto que esse foi o primeiro período da sequência que apresentou valor positivo.

3.4. SUBSTITUIÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS

Nesta seção foi verificado a viabilidade econômica referente a substituição de motores antigos com baixa eficiência, por novos motores de alto rendimento. Os motores atuais possuem um bom funcionamento em relação a seu tempo de uso, que é de mais de 13 anos, visto na seção 2.5.1.1 relata que, em média, os motores atingem sua vida útil aos 17,1 anos de funcionamento. O operador dessas máquinas, relatou que elas passaram por poucas manutenções. O funcionamento diário do motor é de 12 horas, sendo acionado às 6 horas e desligado às 18h. O preço de investimento no novo motor é de R\$1971,70 e a fabricante desse motor dispõe de um desconto de 12% do valor na troca com o motor antigo.

Para a realização dos cálculos de viabilidade econômica na troca de motores, será necessária a aplicação dos conceitos abordados na seção 2.3 e 2.5.1 onde falam sobre eficiência energética de motores elétricos e conceitos para cálculos de viabilidade na troca. O motor escolhido para a substituição possui um rendimento de 88%. Primeiramente foram realizados os cálculos de consumo dos motores antigo e do motor de alto rendimento através das equações 1 e 2.

$$C_{MA} = \frac{P_{MA} * T_{MA}}{R_{MA}} = \frac{(5 * 0,736) * (12 * 30)}{0,856} \cong 1547,66 \text{ (kW.h)}$$

$$C_{AR} = \frac{P_{AR} * T_{AR}}{R_{AR}} = \frac{(5 * 0,736) * (12 * 30)}{0,88} \cong 1505,45 \text{ (kW.h)}$$

Agora foram usadas as equações 3 e 4 para encontrar o valor economizado ao mês com a realização da troca.

$$E = C_{MA} - C_{AR} = 1547,66 - 1505,45 = 42,20 \text{ (kW.h)}$$

$$V_E = E * K = 42,20 * 0,706 = R\$29,80, \text{ ao mês, ou R\$357,60 ao ano}$$

O tempo de retorno de investimento, Payback, foi encontrado a partir das equações 5, 6 e 7. Os cálculos estão no Apêndice e os resultados são mostrados na tabela 11.

$$I_T = I_I - D_T = 1971,70 - (0,12 * 1971,70) = R\$1735,10$$

Tabela 11 - Simulação de Payback do investimento na troca de motores.

PAYBACK		
ANO	FLUXO DE CAIXA	FLUXO DE CAIXA ACUMULADO
0	-R\$ 1.735,10	-R\$ 1.735,10
1	R\$ 393,36	-R\$ 1.341,74
2	R\$ 432,70	-R\$ 909,04
3	R\$ 475,97	-R\$ 433,08
4	R\$ 523,56	R\$ 90,48
5	R\$ 575,92	R\$ 666,40
6	R\$ 633,51	R\$ 1.299,91
7	R\$ 696,86	R\$ 1.996,77
8	R\$ 766,55	R\$ 2.763,32
9	R\$ 843,20	R\$ 3.606,52
10	R\$ 927,52	R\$ 4.534,05

Fonte: Do próprio autor

A partir do 4º ano após o investimento, terá um retorno financeiro, e para ser mais preciso, serão 3 anos e 9 meses. O retorno está abaixo da margem tolerante, visto que foi considerado até 40% da vida útil do motor para esse tempo, e como a do motor de 5cv, de acordo com a tabela 1 da seção 2.5.1.1, é de 17 anos, então a margem seria 6,8 anos.

4. CONCLUSÕES

Por meio da auditoria energética apresentada neste estudo de caso, foram levantadas informações iniciais como ano de fundação e localidade da unidade para que fossem solicitadas normatizações vigentes daquela região a partir da concessionária em que é atendida, no caso a ENEL. No sistema de iluminação foram levantados o quantitativo de luminárias e lâmpadas que estavam em funcionamento e tipo e período de tempo em que permanecem em funcionamento. Foi feito um levantamento das cargas, para separar as que tinham maior relevância no consumo energético do condomínio, como os motores de 5 CV. Quando visto que esse motor tinha uma maior parcela do consumo total, foram adquiridas informações como, dados de placa, tempo de uso, tipo de acionamento e utilidade do mesmo. Foram solicitadas as plantas elétricas, uma conta atual de energia e informações sobre modificações feitas com o passar do tempo, ou que estariam previstas em caso de aumento de carga.

Observou-se que é necessária uma abordagem detalhada das informações iniciais da unidade consumidora, tais como: características de funcionamento de cargas, equipamentos de maior relevância, histórico de consumo e faturas atualizadas, pois estes são importantes para a realização do trabalho de eficiência energética.

Em relação às bandeiras tarifárias, podemos concluir que elas não possuem grande relevância quanto a faturas com consumos considerados baixos, porém quando as bandeiras afetam as contas de energia elétricas com um alto consumo, aumentam significativamente o valor final.

Com a base nos dados de iluminação levantados, pode-se notar uma grande quantidade de carga com a soma das 108 lâmpadas de 12W que estavam nos corredores dos blocos do condomínio, e as 146 lâmpadas de 15W que estavam espalhadas no restante do condomínio. Notou-se que a troca do conjunto de lâmpadas fluorescentes de 15W por lâmpadas de led de 7W ocasionaria uma redução de até 50% do consumo mensal, conforme mostrado na Figura 14. Se a troca fosse feita apenas no conjunto de lâmpadas fluorescentes de 12W por lâmpadas LED de 5W, com acionamento a partir de sensores de movimento, a redução no consumo seria de 90%. Quando se considera a substituição simultânea das lâmpadas fluorescentes de 15 e 12W por lâmpadas de LED de 7 e 5W, respectivamente, apesar do alto investimento de substituição, obtém-se um tempo de retorno de apenas 10 meses, segundo a análise econômica.

Apesar do bom funcionamento do motor de 5 CV que está em atuação no condomínio, sua troca por um motor de alto rendimento se mostrou bastante viável com um retorno de investimento menor que 4 anos. Considerando que a vida útil de motores nessa faixa de potência é de aproximadamente 17 anos, o investimento é viável e deve ser implementado.

Apresentou-se um estudo de mudança de modalidade tarifária bastante útil em relação aos comparativos entre as modalidades Convencional, Horo-sazonal Verde e Azul. Notou-se que para essa unidade consumidora a modalidade tarifária horo-sazonal azul apresentou os maiores valores de economia, essa mudança para o grupo A se tornou viável, pois a vida útil de um transformador é cerca de 30 anos e o tempo de retorno de investimento foi de 11 anos. Como os valores das tarifas nos horários de ponta são maiores, o ideal seria remanejar o bombeamento d'água para horários fora de ponta.

Para melhor escolha das técnicas aplicadas neste trabalho vamos considerar:

A - Mudança Tarifária;

B - Troca de iluminação;

C - Troca de motores.

Caso "A" fosse implementado, "B" e "C" teriam uma redução em seus valores economizados a cada mês, tendo em vista que as taxas seriam reduzidas, além de que seria necessário um investimento alto para um retorno financeiro a longo prazo.

A aplicação de "B" e "C" causaria uma redução de consumo de energia elétrica mensal que provavelmente faria com que "A" aumentasse o tempo de retorno de investimento, além de que suas aplicações são mais baratas e o retorno financeiro é de curto prazo.

De imediato a aplicação de B e C seria a melhor aplicação e após sua implementação com um novo histórico de consumo, de ao menos um ano, "A" seria simulado mais uma vez para análise de viabilidade.

Foi calculado o payback dessa aplicação simultânea onde se obteve um retorno financeiro 12 meses. Os cálculos de payback são mostrados no Apêndice e a Tabela 12 mostra o fluxo de caixa acumulado dos valores calculados onde demonstra esse retorno ao decimo segundo mês.

Tabela 12 -Simulação de Payback do investimento total.

PAYBACK			
MÊS	FLUXO DE CAIXA		FLUXO DE CAIXA ACUMULADO
0	-R\$	7.415,50	-R\$ 7.415,50
1	R\$	625,97	-R\$ 6.789,53
2	R\$	630,96	-R\$ 6.158,56
3	R\$	635,99	-R\$ 5.522,57
4	R\$	641,07	-R\$ 4.881,50
5	R\$	646,18	-R\$ 4.235,33
6	R\$	651,33	-R\$ 3.583,99
7	R\$	656,52	-R\$ 2.927,47
8	R\$	661,76	-R\$ 2.265,71
9	R\$	667,04	-R\$ 1.598,67
10	R\$	672,36	-R\$ 926,32
11	R\$	677,72	-R\$ 248,60
12	R\$	683,12	R\$ 434,52

Fonte: Do próprio autor

APÊNDICE

- **Tarifa Convencional, seção 3.2.1.**

$$P_{jul} = C_{jul} * K_{jul} = 2504 * 0,719559831 = 1801,78$$

$$P_{jun} = 1621,57$$

$$P_{mai} = 1481,27$$

$$P_{abr} = 1798,84$$

$$P_{mar} = 1638,92$$

$$P_{fev} = 1363,32$$

$$P_{jan} = 1471,21$$

$$P_{dez} = 1792,07$$

- **Tarifa Horo-Sazonal Verde, seção 3.2.2.**

Valor consumido na ponta:

$$V_{pjul} = (K_{pjul} * C_{pjul}) = (1,742122 * 2504 * (10\%)) = 932,48$$

$$V_{pjun} = 839,93$$

$$V_{pmai} = 720,46$$

$$V_{pabr} = 944,62$$

$$V_{pmar} = 874,20$$

$$V_{pfev} = 706,16$$

$$V_{pjan} = 762,05$$

$$V_{pdez} = 928,24$$

Valor consumido na fora de ponta:

$$V_{fpjul} = (K_{fpjul} * C_{fpjul}) = (0,41377 * 2504 * (90\%)) = 932,48$$

$$V_{fpjun} = 839,93$$

$$V_{fpmai} = 720,46$$

$$V_{fpabr} = 944,62$$

$$V_{fpmar} = 874,20$$

$$V_{fpfev} = 706,16$$

$$V_{fpjan} = 762,05$$

$$V_{fpdez} = 928,24$$

Demanda Contratada 1:

$$V_{d1jul} = K_{djul} * D_1 = 17,4464364 * 53 = 924,66$$

$$V_{d1jun} = 779,65$$

$$V_{d1mai} = 780,70$$

$$V_{d1abr} = 953,57$$

$$V_{d1mar} = 785,19$$

$$V_{d1fev} = 779,65$$

$$V_{d1jan} = 780,11$$

$$V_{d1dez} = 779,65$$

Demanda Contratada 2:

$$V_{d2jul} = K_{djul} * D_2 = 17,4464364 * 30 = 523,39$$

$$V_{d2jun} = 441,31$$

$$V_{d2mai} = 441,91$$

$$V_{d2abr} = 539,76$$

$$V_{d2mar} = 444,44$$

$$V_{d2fev} = 441,31$$

$$V_{d2jan} = 441,57$$

$$V_{d2dez} = 441,31$$

Pagamento previsto para o ano 1:

$$P_{1jul} = (V_{pjul} + V_{fpjul}) + V_{d1jul} = 2293,37$$

$$P_{1jun} = 2006,10$$

$$P_{1mai} = 1871,19$$

$$P_{1abr} = 2328,63$$

$$P_{1mar} = 2040,89$$

$$P_{1fev} = 1810,77$$

$$P_{1jan} = 1892,85$$

$$P_{1dez} = 2135,06$$

Pagamento previsto para o ano 2:

$$P_{2jul} = (V_{pjul} + V_{fpjul}) + V_{d2jul} = 1892,10$$

$$P_{2jun} = 1667,76$$

$$P_{2mai} = 1532,40$$

$$P_{2abr} = 1914,82$$

$$P_{2mar} = 1700,15$$

$$P_{2fev} = 1472,44$$

$$P_{2jan} = 1554,31$$

$$P_{2dez} = 1796,72$$

- **Tarifa Horo-Sazonal Azul, seção 3.2.3.**

Valor consumido na ponta:

$$Va_{pjul} = (Ka_{pjul} * C_{pjul}) = (0,60978 * 2504 * (10\%)) = 152,69$$

$$Va_{pjun} = 140,75$$

$$Va_{pmai} = 116,84$$

$$Va_{pabr} = 152,98$$

$$Va_{pmar} = 143,13$$

$$Va_{pfev} = 118,34$$

$$Va_{pjan} = 127,70$$

$$Va_{pdez} = 155,55$$

Valor consumido na fora de ponta:

$$Va_{fpjul} = (Ka_{fpjul} * C_{fpjul}) = (0,41377 * 2504 * (90\%)) = 932,48$$

$$Va_{fpjun} = 839,93$$

$$Va_{fpmai} = 720,46$$

$$Va_{fpabr} = 944,62$$

$$Va_{fpmar} = 874,20$$

$$Va_{fpfev} = 706,16$$

$$Va_{fpjan} = 762,05$$

$$Va_{fpdez} = 928,24$$

Demanda Contratada 1 na Ponta:

$$V_{dp1jul} = K_{pdjul} * D_1 = 46,69873 * 53 * (10\%) = 247,50$$

$$V_{dp1jun} = 236,28$$

$$V_{dp1mai} = 236,60$$

$$V_{dp1abr} = 255,24$$

$$V_{dp1mar} = 237,96$$

$$V_{dp1fev} = 236,28$$

$$V_{dp1jan} = 236,42$$

$$V_{dp1dez} = 236,28$$

Demanda Contratada 1 Fora da Ponta:

$$V_{dfp1jul} = K_{fpdjul} * D_1 = 17,44644 * 53 * (90\%) = 832,20$$

$$V_{dfp1jun} = 701,68$$

$$V_{dfp1mai} = 702,63$$

$$V_{dfp1abr} = 858,21$$

$$V_{dfp1mar} = 706,67$$

$$V_{dfp1fev} = 701,68$$

$$V_{dfp1jan} = 702,10$$

$$V_{dfp1dez} = 701,68$$

Demanda Contratada 2 na Ponta:

$$V_{dp2jul} = K_{pdjul} * D_2 = 46,69873 * 30 * (10\%) = 140,10$$

$$V_{dp2jun} = 133,74$$

$$V_{dp2mai} = 133,92$$

$$V_{dp2abr} = 144,48$$

$$V_{dp2mar} = 134,69$$

$$V_{dp2fev} = 133,74$$

$$V_{dp2jan} = 133,82$$

$$V_{dp2dez} = 133,74$$

Demanda Contratada 2 Fora da Ponta:

$$V_{dfp2jul} = K_{fpdjul} * D_2 = 17,44644 * 30 * (90\%) = 471,05$$

$$V_{dfp2jun} = 397,18$$

$$V_{dfp2mai} = 397,72$$

$$V_{dfp2abr} = 485,78$$

$$V_{dfp2mar} = 400,00$$

$$V_{dfp2fev} = 397,18$$

$$V_{dfp2jan} = 397,42$$

$$V_{dfp2dez} = 397,18$$

Pagamento previsto para o ano 1:

$$Pa_{1jul} = (Va_{pjul} + Va_{fppjul}) + (V_{dp1jul} + V_{dfp1jul}) = 2164,87$$

$$Pa_{1jun} = 1918,64$$

$$Pa_{1mai} = 1685,42$$

$$Pa_{1abr} = 2211,06$$

$$Pa_{1mar} = 1961,96$$

$$Pa_{1fev} = 1762,46$$

$$Pa_{1jan} = 1828,27$$

$$Pa_{1dez} = 2021,76$$

Pagamento previsto para o ano 2:

$$Pa_{2jul} = (V_{pjul} + V_{fppjul}) + (V_{dfp2jul} + V_{dfp2jul}) = 1696,32$$

$$Pa_{2jun} = 1511,60$$

$$Pa_{2mai} = 1277,83$$

$$Pa_{2abr} = 1727,86$$

$$Pa_{2mar} = 1552,03$$

$$Pa_{2fev} = 1355,42$$

$$Pa_{2jan} = 1420,99$$

$$Pa_{2dez} = 1614,72$$

- **Payback**

Cálculo de Payback, seção 3.3.5.

$$I_T = -18000 \quad i = 10\% \text{ a. a.} \quad V_{E1} = -3878,21 \quad V_E = 1.218,30$$

Fluxo de Caixa Acumulado:

$$Fluxo_0 = I_T = -18000, \text{ período inicial.}$$

$$Fluxo_1 = Fluxo_0 + V_{E1} = -18000 - 3878,21 * (1 + 0,1)^1 = -22266,03$$

$$Fluxo_2 = Fluxo_1 + V_{E2} = -22266,03 + 1218,30 * (1 + 0,1)^2 = -20791,88$$

$$Fluxo_3 = Fluxo_2 + V_{E3} = -20791,88 + 1218,30 * (1 + 0,1)^3 = -19170,32$$

$$Fluxo_4 = Fluxo_3 + V_{E4} = -17.386,60$$

$$Fluxo_5 = Fluxo_4 + V_{E5} = -15.424,51$$

$$Fluxo_6 = -13.266,22$$

$$Fluxo_7 = -10.892,09$$

$$Fluxo_8 = -8.280,55$$

$$Fluxo_9 = -5.407,85$$

$$Fluxo_{10} = -2.247,89$$

$$Fluxo_{11} = +1.228,07, \text{ então } t = 11 \text{ anos.}$$

$$Fluxo_{12} = +5.051,62$$

Cálculo de Payback, seção 3.2.4.

$$I_T = -5680,40 \quad i = 10\% \text{ a. a.} = 0,7974\% \text{ a. m.} \quad V_E = 591,22$$

Fluxo de Caixa Acumulado:

$$Fluxo_0 = I_T = -5680,40, \text{ período inicial.}$$

$$Fluxo_1 = Fluxo_0 + V_{E1} = -5680,40 + 591,22 * (1 + 0,007974)^1 = -5.084,47$$

$$Fluxo_2 = Fluxo_1 + V_{E2} = -5084,47 + 591,22 * (1 + 0,007974)^2 = -4.483,78$$

$$Fluxo_3 = Fluxo_2 + V_{E3} = -3.878,30$$

$$Fluxo_4 = Fluxo_3 + V_{E4} = -3.268,00$$

$$Fluxo_5 = -2.652,83$$

$$Fluxo_6 = -2.032,75$$

$$Fluxo_7 = -1.407,73$$

$$Fluxo_8 = -777,73$$

$$Fluxo_9 = -142,70$$

$$Fluxo_{10} = +497,39, \text{então } t = 10 \text{ meses}$$

$$Fluxo_{11} = +1.142,59$$

$$Fluxo_{12} = +1.792,93$$

Cálculo de Payback, seção 3.4.

$$I_T = -1735,10 \quad i = 10\% \text{ a. a.} \quad V_E = 357,60$$

Fluxo de Caixa Acumulado:

$$Fluxo_0 = I_T = -1735,10, \text{ período inicial.}$$

$$Fluxo_1 = Fluxo_0 + V_{E1} = -1735,10 + 357,60 * (1 + 0,1)^1 = -1.341,74$$

$$Fluxo_2 = Fluxo_1 + V_{E2} = -1.341,74 + 357,60 * (1 + 0,1)^2 = -909,04$$

$$Fluxo_3 = Fluxo_2 + V_{E3} = -433,08$$

$$Fluxo_4 = Fluxo_3 + V_{E4} = +90,48, \text{ então } t = 4 \text{ anos}$$

$$Fluxo_5 = R\$ 666,40$$

Cálculo de Payback, do tópico Conclusões.

$$I_T = -5680,40 - 1735,10 = 7415,50$$

$$i = 10\% \text{ a. a.} = 0,7974\% \text{ a. m.} \quad V_E = 591,22 + 29,8 = 621,02$$

Fluxo de Caixa Acumulado:

$$Fluxo_0 = I_T = -7415,50, \text{ período inicial.}$$

$$Fluxo_1 = Fluxo_0 + V_{E1} = -7415,5 + 621,02 * (1 + 0,1)^1 = -6.789,53$$

$$Fluxo_2 = Fluxo_1 + V_{E2} = -6.789,53 + 621,02 * (1 + 0,1)^2 = -6.158,56$$

$$Fluxo_3 = Fluxo_2 + V_{E3} = -5.522,57$$

$$Fluxo_4 = Fluxo_3 + V_{E4} = -4.881,50$$

$$Fluxo_5 = -4.235,33$$

$$Fluxo_6 = -3.583,99$$

$$Fluxo_7 = -2.927,47$$

$$Fluxo_8 = -2.265,71$$

$$Fluxo_9 = -1.598,67$$

$$Fluxo_{10} = -926,32$$

$$Fluxo_{11} = -248,60$$

$$Fluxo_{12} = R\$ 434,52, \text{ então } t = 12 \text{ meses.}$$

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 BORTONI, E.C., HADDAD, J., NOGUEIRA, F.J.H., NOGUEIRA, L.A.H., VENTURINI, O.J., VIANA, A.N.C., YAMACHITA, R.A. Eficiência Energética: Fundamentos e Aplicações. 1ª Ed. Campinas-SP. 2012. 314p
- 2 MONTENEGRO L. C. Eficiência Energética. Estudo de Caso em Unidades Consumidoras da Companhia CAGECE. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Ceara – UFC, 2016
- 3 WEG. Guia de Especificação. Disponível em:
< <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-guia-de-especificacao-de-motores-eletricos-50032749-manual-portugues-br.pdf>> Acessado em 15/09/2017.
- 4 REVIMAQ, Assistência Técnica de Maquinas e Comercio, A evolução na evolução na eficiência energética de motores elétricos, Disponível em:
< <http://www.revimaq.com/noticia/a-evolucao-na-eficiencia-energetica-de-motores-eletricos>> Acesso: 15/09/2017.
- 5 FUMAGALLI, J.P. ESTUDO DE CASO PARA EFICIÊNCIA EM EDIFÍCIOS ANTIGOS, Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015
- 6 ALMADA, J.B. Fontes Alternativas de Energia. Energia Solar Fotovoltaica. Notas de Aula. Universidade Federal do Ceará. Sobral - CE. 2016.
- 7 WEG, MOTORES DE CORRENTE CONTINUA. Disponível em:
<<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-motores-de-corrente-continua-50005370-catalogo-portugues-br.pdf>> Acesso: 02/10/2017
- 8 WEG, Motores Síncronos. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-motores-sincronos-50005369-catalogo-portugues-br.pdf>> Acesso: 02/10/2017
- 9 WEG, Motores de Indução Trifásicos. Disponível em:
<<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-motores-de-inducao-trifasicos-linha-master-50009359-catalogo-portugues-br.pdf>> Acesso: 02/10/2017
- 10 Cartilha WEG, Gestão eficiência da energia elétrica, Disponível em:
<<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-cartilha-weg-uso-eficiente-da-energia-eletrica-50030292-catalogo-portugues-br.pdf>> Acesso: 02/10/2017
- 11 RESOLUÇÃO ANEEL N° 456, DE 29 DE NOVEMBRO DE 2000, Disponível em:<<http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/AGENCIAS/ANEEL/RS0456-291100.PDF>> Acesso: 24/10/2017

- 12 WEG, See+, Disponível em:
<<https://www.weg.net/see+/pages/regua.jsp#uuid=9c82cd22-febc-401b-a3b6-df6f9d6cdfcd>> Acesso: 25/10/2017
- 13 Eficiência Energética, WEG, See+, Disponível em:
<<https://www.weg.net/institutional/BR/pt/solutions/energy-efficiency/see-simulator>>
Acesso: 25/10/1992
- 14 Bandeiras Tarifarias, ANEEL, Disponível em: < http://www.aneel.gov.br/tarifas-consumidores/-/asset_publisher/e2INtBH4EC4e/content/bandeira-tarifaria/654800?inheritRedirect=false> Acesso: 15/11/2017
- 15 Câmara e Enel definem acordo nas contas na Fazenda Ermitage, NetDiario, Disponível em: <<http://www.netdiario.com.br/noticias/camara-e-enel-definem-acordo-nas-contas-na-fazenda-ermitage>> Acesso: 29/11/2017