PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA PARA ENGENHARIA

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Evandro Gonçalves

Eficiência Energética em Edifício de Call Center

SÃO PAULO

2014

PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA PARA ENGENHARIA

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Evandro Gonçalves

Eficiência Energética em Edifício de Call Center

Monografia do Curso de Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética para obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis do PECE Programa de Educação Continuada – Escola Politécnica da USP.

SÃO PAULO

2014

PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA PARA ENGENHARIA

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Evandro Gonçalves

Eficiência Energética em Edifício de Call Center

Monografia do Curso de Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética para obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis do PECE Programa de Educação Continuada – Escola Politécnica da USP.

Professor Orientador: Marcos de Mattos Pimenta

SÃO PAULO

2014

Gonçalves, Evandro
Eficiência em edifícios de call center / E. Gonçalves. -- São São Paulo, 2014.
53 p.

Monografia (Especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1.Energia (Eficiência) 2.Edifícios I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Programa de Educação Continuada em Engenharia II.t.

Agradecimentos

À Deus criador do céu e da terra, pela sua misericórdia.

À mulher da minha vida que ficaria orgulhosa se estivesse presente, minha mãe.

“Porque dele e por ele, e para ele, são todas as coisas; glória, pois, a ele eternamente.”

Romanos 11:36

Resumo

O presente trabalho é um estudo de caso que visa mostrar ou aprimorar a aplicação de Projetos de Eficiência Energética (PEE) em prédios de *Call Center* também podendo ser utilizados em outros tipos de prédios como hospitais, escolas, universidades e fábricas.

Através de experiência com trabalhos envolvendo PEE, pode-se presenciar muitos locais como os citados acima com possibilidade de implantação de PEE.

Onde temos tido experiências de *Black Out*, os famosos apagões no fornecimento de energia, e muita especulação sobre a capacidade de crescimento econômico do Brasil estar associada a uma base muito frágil na geração de Energia. Temos visto muitos projetos de fontes de energias alternativas com o objetivo de suprir a demanda, mas encontrando diversos problemas na implantação, inibindo o crescimento econômico.

No caso estudado há alguns itens de baixo custo e fácil instalação com possibilidade de grandes retornos para o investidor e muito mais para o meio ambiente.

O estudo mostra pontos como iluminação, máquinas elétricas e ar condicionado onde pode se economizar energia elétrica através de Projetos de Eficiência Energética (PEE). E também alerta a existência de prédios com infraestrutura e equipamentos muitos antigos desperdiçando energia elétrica.

Abstract

This work is a case study that aims to show or enhance the implementation of Energy Efficiency Projects (EEP) in buildings Call Center can also be used in various types of buildings such as hospitals, schools, universities and factories.

Through experience with work involving EEP, one can witness many places as mentioned above with the possibility of implementing projects EEP.

Where we have had experiences with the "Black Out" the famous blackouts in power supply, and much speculation about the ability of Brazil's economic growth is bound by a very fragile basis of their generation. We have seen many projects of alternative energy sources in order to meet the demand but encountering several problems in implementation, inhibiting economic growth.

In our case there are some items of low cost and easy installation with the possibility of great returns for investors, and more for the environment.

The study shows points as lighting, electrical machines and air conditioning which can save energy through Energy Efficiency Projects (EEP). And also alert the existence of buildings with infrastructure and equipment much old wasting electricity.

Lista de Figuras

Figura 4.1 – Espectro eletromagnético unidade em nm. 20
Figura 4.2 - Cores correspondentes aos comprimentos de onda. 21
Figura 4.3 - Temperatura de Cor. 23
Figura 4.4 – Ciclo do sistema de refrigeração. 27
Figura 8.1 - Medição de potência consumida por um motor standard. 47
Figura 8.2 - Medição da potência consumida por um motor de alto rendimento. 47

Lista de Tabelas

Tabela 4.1 – Cores correspondentes aos comprimentos de onda. 20
Tabela 4.2 - Eficiência luminosa por tipo de lâmpada 25
Tabela 4.3 – Cálculo da Carga Térmica de um ambiente. 29
Tabela 6.1 - Levantamento de cargas de iluminação existente e proposto por andar. 35
Tabela 6.2 - Comparativo entre o sistema existente e o proposto. 36
Tabela 6.3 - Economia prevista do sistema de iluminação. 36
Tabela 6.4 - Cálculo do custo do sistema de iluminação proposto. 37
Tabela 6.5 - Cálculo do retorno do investimento. 38
Tabela 7.1 - Resumo da carga térmica de ar condicionado. 40
Tabela 7.2 - Consumo energético. 41
Tabela 7.3 - Custos de sistemas de ar condicionado. 42
Tabela 7.4 - Especificações do equipamento existente. 43
Tabela 7.5 - Especificações do equipamento proposto. 43
Tabela 7.6 - Cálculo comparativo entre o sistema existente e o proposto. 45
Tabela 7.7 - Cálculo do retorno do investimento. 45
Tabela 8.1 - Especificação dos motores. 46
Tabela 8.2 - Cálculo do retorno do investimento de um motor elétrico. 48
Tabela 8.3 - Resumo da economia prevista. 49

Anexos digitais

Anexo 1 – Proposta técnica comercial Itaim Iluminação

Anexo 2 – Proposta técnica comercial Trane Ar Condicionado

Anexo 3 – Catálogo Chiller Hitachi refrigeração a água

Anexo 4 – Catálogo Guia de bolso Sistema de iluminação Osram

Anexo 5 – Planilha de cálculo carga térmica

Anexo 6 – Planilha de cálculo custo implantação do sistema de Ar condicionado

Anexo 7 – Planilha de cálculo custo implantação do sistema de motores de alto rendimento.

Anexo 7.1 – Planilha para cálculo de carga térmica.

Sumário

1 Introdução 13
1.1 Eficiência Energética em Edifício de Call Center 13
2 Objetivo 14
2.1 Metodologia Utilizada no Estudo de Caso 14
3 Eficiência Energética 15
3.1 Introdução 15
3.1.1 Substituição de lâmpadas e instalação de sensores de presença 16
3.1.2 Instalação de Instrumentação 16
3.1.3 Modernização do Sistema de Ar Condicionado 17
3.1.4 Substituição de Motores 17
3.1.5 Acionamento Eletrônico 17
3.2 Conceitos 17
3.2.1 Energia Economizada 18
4 Elementos de influência na eficiência energética 19
4.1 Iluminação 19
4.1.1 Conceitos sobre Iluminação 19
4.1.2 Lâmpadas 23
4.1.3 Eficiência energética na iluminação 25
4.2 Refrigeração 26
4.2.1 Conceitos básicos 26
4.2.2 Dimensionamento da refrigeração 28
5 Máquinas Elétricas 30
5.1 Características dos Motores de Alto rendimento 30
5.1.1 Motor de Alto Rendimento 30
5.1.2 Característica de Construção 31
6 Estudo de Caso 33
6.1 Dados levantados 34
6.1.1 Levantamento de dados em campo 34
6.1.2 Levantamento de dados por pavimento. 34
6.2 Potência instalada por tipo de luminária e lâmpada 36

6.2.1 Economia por tipo de luminária e lâmpadas propostas 36
6.2.2 Cálculo do Investimento do projeto 37
6.2.3 Cálculo do retorno Investimento. 37
7 Ar condicionado 39
7.1 Sistema instalado existente 39
7.1.1 Resumo da carga instalada em TR por andar 39
7.1.2 Consumo Energético Equipamento Novo 40
7.1.3 Dados Práticos de Investimento. 41
7.1.4 Investimento Inicial e Anual 41
7.1.5 Especificações dos equipamentos existentes. 42
7.1.6 Especificações dos equipamentos proposto 43
7.1.7 Cálculo Comparativo entre Sistema Existente e Proposto 43
7.1.8 Cálculo retorno investimento 45
8 Motores 46
8.1 Motores instalados 46
8.1.1 Medição de Potência Consumida 46
8.1.2 Cálculo da economia anual 47
8.2 Resumo de Economia Prevista 49
8.2.1 Economia Prevista Após implantação PEE 49
9 Conclusão 50
Referências Bibliográficas 51

1 Introdução

1.1 Eficiência Energética em Edifício de Call Center

A presente monografia tem a finalidade de estudar um prédio existente, isto é, em operação, que abriga um Call Center. Visando mostrar as vantagens, desvantagens e dificuldades que a implantação de um PEE (Projeto de Eficiência Energética) vem acarretar para o proprietário e ao conjunto de infraestrutura, falando de Geração e Distribuição de Energia, as Concessionárias e o Meio Ambiente.

O primeiro ponto a ser abordado é a existência de muitos prédios em que podem ser feitos um PEE, seguido pela importância do PEE para o Sistema Elétrico Brasileiro. O estudo propõe um levantamento de informações para o conhecimento de todo o processo de operação, equipamentos e instalações o qual se aplica um PEE. Após este levantamento foi feito um estudo de como será a melhor forma de se obter ganhos de energia elétrica sem prejudicar o processo de operação e equipamentos, visando manter o conforto e ainda tentando melhorar quando possível.

Foi feito um levantamento de todos os tipos de luminárias e lâmpadas existentes em todos os pavimentos, um projeto de automação visando à diminuição do desperdício de energia elétrica, proposta de ideias para uma melhor utilização da iluminação, coleta de dados de todo o sistema de máquinas de ar condicionado, suas instalações, fabricante, potência e forma de distribuição do ar refrigerado, verificação da existência de perdas no sistema e propor melhorias para distribuição de uma forma mais eficiente, verificação da necessidade de redimensionamento, ou a simples troca de motor convencional para motores alto rendimento.

2 Objetivo

O presente estudo de caso visa demonstrar uma grande oportunidade de se economizar energia em prédios em operação. Existem muitos prédios com a infraestrutura e equipamentos muito antigos que podem ser modernizados, economizando energia elétrica e, consequentemente, viabilizando projetos de eficiência energética com a economia gerada pela modernização.

Não se trata de uma solução para suprir a demanda de energia que o Brasil precisa para acompanhar o seu crescimento. No estudo, demonstram-se pontos onde se podem economizar energia através da troca de infraestrutura e equipamentos conseguindo resultados positivos.

2.1 Metodologia Utilizada no Estudo de Caso

Foi feito um levantamento da potência instalada do Sistema de Iluminação, do Sistema de Ar condicionado e Máquinas Elétricas. Feito o levantamento, será proposto através de experiência com Projetos de Eficiência Energética e apoio do software Softlux, da empresa Itaim Iluminação, a melhor solução em iluminação [5]. E através de planilhas de cálculos e assessoria da empresa ACR Ar Condicionado [26], propor equipamentos mais novos visando modernização e conforto.

Feito levantamento de todos os tipos de luminárias e lâmpadas, foi proposto à troca de luminárias e lâmpadas ou apenas as lâmpadas, procurando sempre a uma melhor solução com o que há de moderno, sem perder de vista o custo final.

Feito o levantamento do sistema de ar condicionado, e foi proposto equipamentos modernos que atendem a demanda necessária, utilizando a infraestrutura existente quando possível, visando uma diminuição no custo de implantação do PEE.

3 Eficiência Energética

3.1 Introdução

A eficiência energética procura melhorar o desempenho na produção de um serviço com o menor gasto de energia. Isso pode ser obtido através da modernização de equipamentos e processos no sentido de reduzirem seu consumo. Existem programas voltados para o consumo consciente, como os oferecidos pelas concessionárias de energia à população carente, que são troca de lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes compactas, troca de geladeiras antigas por geladeiras novas com maior eficiência e conscientização através de cartilhas e panfletos [29].

Visando o incentivo do consumo racional de energia elétrica e a eliminação de desperdícios, assim como reduzir os custos e os investimentos setoriais, foi criado, em 1985, o PROCEL [30].

O objetivo do PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – é promover a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica, para que se eliminem os desperdícios e se reduzam os custos e os investimentos setoriais. O PROCEL foi transformado em Programa de Governo, tendo suas abrangência e responsabilidades ampliadas.

O Programa utiliza recursos da Eletrobrás e da Reserva Global de Reversão – RGR, fundo federal constituído com recursos das concessionárias, proporcionais ao investimento de cada uma. Utiliza, também, recursos de entidades internacionais [30].

O Selo PROCEL orienta o consumidor na compra de produtos, sinalizando aqueles com melhores níveis de eficiência energética. Também estimula o desenvolvimento tecnológico de produtos mais eficientes e, como consequência, a preservação ambiental.

Os contratos de concessão firmados pelas empresas concessionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica com a ANEEL estabelecem obrigações e encargos perante o poder concedente [15]. Uma dessas obrigações consiste em aplicar anualmente o montante de, no mínimo, 0,5% de sua receita operacional líquida em ações que tenham por objetivo o combate ao desperdício de energia elétrica, que consiste no Programa de Eficiência Energética das Empresas de Distribuição – PEE.

A crise do apagão foi uma crise nacional ocorrida no Brasil, que afetou o fornecimento e distribuição de energia elétrica. Ocorreu entre 1 de julho de 2001 e 27 de setembro de 2002, sendo causado por falta de chuvas e investimentos no setor hidrelétrico, que deixaram várias represas vazias, impossibilitando a geração de energia elétrica, e por falta de planejamento e investimentos em geração de energia. "Apagão" é um termo que designa interrupções ou falta de energia elétrica frequente, como *Black out* de maior duração [27]. Com a presente preocupação com a preservação do meio ambiente, o uso eficiente de energia elétrica tornou-se tema de discussões e estudos, buscando alternativas que viabilizem uma economia de energia sem prejudicar a eficiência das instalações industriais, comerciais e residenciais.

A Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, em atenção aos problemas de escassez de recursos produtores de energia elétrica, regulamenta e fiscaliza o cumprimento da Lei 9.991 de 24 de Julho de 2.000 [28], que define a aplicação de recursos pelas concessionárias e permissionárias de energia elétrica em pesquisa e implantação de PEE, desenvolvendo medidas que promovam o combate ao desperdício de energia.

Dentre as diversas categorias, determinadas por esta Lei [28], que devem ser contempladas pelas Concessionárias e Permissionárias em projetos dessa natureza, destacam-se a Industrial e de grandes consumidores, com inúmeras possibilidades de elaboração de projetos visando alcançar a redução do consumo de energia, como a readequação do sistema de iluminação e climatização e substituição dos motores convencionais por motores eficientes, com um baixo consumo de energia.

3.1.1 Substituição de lâmpadas e instalação de sensores de presença

Troca de lâmpadas incandescentes por fluorescentes, aliada a readequação do sistema de iluminação e o particionamento do acionamento de iluminação em ambientes distintos pode trazer uma significativa redução de custos à empresa;

3.1.2 Instalação de Instrumentação

Processos de monitoração constituem uma forma de controle de informações dos processos de produção e podem apontar soluções e melhorias ao processo industrial.

3.1.3 Modernização do Sistema de Ar Condicionado

A troca do sistema de climatização de ambientes e de refrigeração industrial e comercial, por equipamentos eficientes e de menor consumo podem, ainda, gerar uma economia com os gastos em energia elétrica.

3.1.4 Substituição de Motores

A força maior da indústria e também os responsáveis pelo maior consumo de energia, os motores, podem ser substituídos por modelos mais eficientes, com um menor consumo.

3.1.5 Acionamento Eletrônico

Acionamentos Eletrônicos para o controle de vazão em processos de bombeamento, em substituição aos controles tradicionais, apresentam um potencial de até 30% em economia de energia [8].

Além das supracitadas, existem ainda outras possibilidades de investimento em projetos de eficiência energética na área de grandes consumidores.

3.2 Conceitos

A definição de eficiência energética, na sua forma mais simples, é a capacidade de reduzir o consumo de energia para produzir o mesmo nível de serviço ou produto. A promoção da eficiência energética consiste na redução da relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização. A eficiência energética pode ser quantificada como sendo o valor numérico da energia economizada em determinada atividade, dada em kWh ou MWh, em relação a instalação inicial, sem intervenções. A Equação 3.1 mostra o cálculo, em porcentagem, da energia economizada:

$$P_R(\%) = \frac{\text{(ENERGIA TOTAL CONSUMIDA – ENERGIA ECONOMIZADA) x 100}}{\text{ENERGIA TOTAL CONSUMIDA}} \quad (3.1)$$

P_R =PORCENTAGEM DE REDUÇÃO

Por exemplo, uma lâmpada transforma a eletricidade em luz e calor, porém seu objetivo é somente iluminar. Uma medida da sua eficiência é obtida dividindo a energia da luz pela energia elétrica usada, conforme Equação 3.2.

$$\textbf{EFICÁCIA LUMINOSA}_{\textbf{lâmpada}} = \frac{\textbf{LUZ}\ (\text{lm})}{\textbf{POTÊNCIA}(\text{w})} \qquad (3.2)$$

Relaciona-se a eficiência à quantidade de energia utilizada e não à quantidade de energia teórica mínima necessária para realizar a mesma tarefa. O conceito relacionado à energia teórica mínima é o potencial de eficiência. Assim, quanto mais próximo do mínimo teórico for o consumo de energia, mais eficiente terá sido a tarefa sob o ponto de vista da eficiência energética.

3.2.1 Energia Economizada

Refere-se ao consumo de energia ao se adotar uma mudança tecnológica ou alteração no padrão do consumo. Por exemplo, uma lâmpada incandescente de 100 W possui um fluxo luminoso de 1.380 lm, e uma lâmpada fluorescente compacta de 25 W possui um fluxo luminoso de 1.300 lm, ou seja, praticamente a mesma iluminação, porém com 75% a menos de energia associada [4]. É importante que não se confunda o conceito de conservação de energia dentro dos estudos de eficiência energética com o conceito de conservação de energia no sentido físico teórico, pois aqui o importante é a redução efetiva do consumo final de energia [9].

4 Elementos de influência na eficiência energética

4.1 Iluminação

O consumo de energia elétrica para iluminação no setor residencial corresponde a 23%, no setor comercial e serviços públicos 44% e no setor industrial 1%. Deste modo, o estudo da luminotécnica (Luminotécnica é o estudo da aplicação da iluminação artificial em ambientes internos e externos), se faz importante como instrumento de aplicação da eficiência energética [10].

A luminotécnica estuda a iluminação compatível com a utilização de ambientes interiores e locais exteriores. Deve-se escolher corretamente a modalidade de iluminação, os tipos de lâmpadas e luminárias, potência, quantidade, localização, distribuição, entre outros, de modo a otimizar sua utilização, sem comprometer a atividade desenvolvida no local.

4.1.1 Conceitos sobre Iluminação

4.1.1.1 Luz

Luz é energia radiante que um observador é capaz de perceber sensorialmente pela visão, compreendida em uma faixa de radiações das ondas eletromagnéticas situada entre 380 e 800 nm. (EN 410 European Standards).

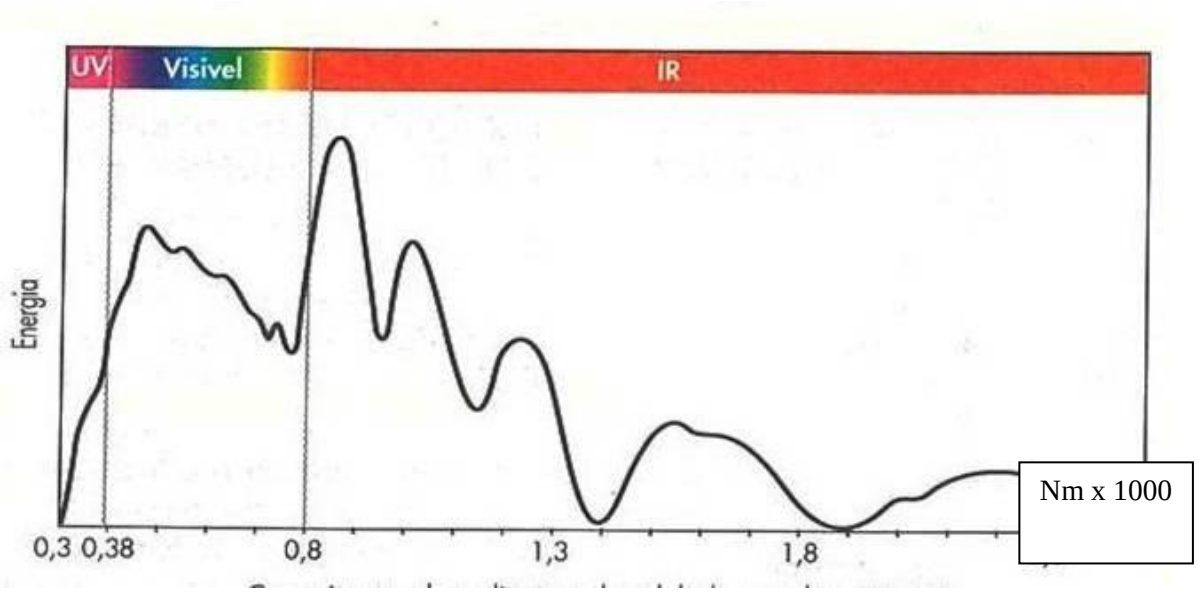

Figura 4.1 – Espectro eletromagnético unidade em nm.
Fonte: EN 410 European Standards.

Diferentes comprimentos de onda geram diferentes reações ao mecanismo de percepção sensorial visual do observador, cuja interpretação determina diferentes cores.

A Tabela 4.1 indica a cor interpretada conforme o comprimento de onda [5,12].

Tabela 4.1 – Cores correspondentes aos comprimentos de onda.[5,12]

Faixa de comprimento de onda (nm)	Cor
< 450	Ultravioleta
400 – 450	Violeta
450 – 500	Azul
500 – 570	Verde
570 – 590	Amarelo
590 – 610	Laranja
610 – 780	Vermelho
> 780	Infravermelho

Cor	Comprimento de onda
vermelho	~ 625-740 nm
laranja	~ 590-625 nm
amarelo	~ 565-590 nm
verde	~ 500-565 nm
ciano	~ 485-500 nm
azul	~ 440-485 nm
violeta	~ 380-440 nm

Figura 4.2 - Cores correspondentes aos comprimentos de onda [32].

4.1.1.2 Fluxo luminoso (Φ)

É a quantidade total de luz emitida a cada segundo por uma fonte luminosa. A unidade de medida do fluxo luminoso é o lúmen (lm), representado pelo símbolo Ø.

Exemplo: uma lâmpada incandescente de 100 W emite cerca de 1.600 lúmens de fluxo luminoso por segundo ao ambiente. [12]

4.1.1.3 Iluminância (E)

É a relação entre o fluxo luminoso e a superfície sobre a qual incide. Sua unidade é o lux (lx), definido como a iluminância sobre uma superfície de 1m² recebendo de uma fonte puntiforme, na direção normal, um fluxo luminoso de 1 lúmen uniformemente distribuído. Na prática, trata-se de um valor médio, pois o fluxo luminoso não se distribui uniformemente. Iluminamento é a denominação dada pelo Inmetro para essa grandeza.

O Inmetro, Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, tem como missão fortalecer as empresas nacionais através da disponibilização de instrumentos essenciais à melhoria da qualidade de seus produtos e serviços. Para isso, o Inmetro congrega as competências necessárias para a elevação dos padrões de qualidade da indústria nacional, fundamentais para o aumento da sua produtividade e competitividade.

A Equação 4.1 mostra a expressão utilizada para se obter essa grandeza.

$$E = \Phi / S \qquad (4.1)$$

4.1.1.4 Luminância (L)

Analisando-se uma superfície iluminante ou iluminada, esta causará uma sensação de maior ou menor claridade para um observador. A luminância é a medida desta sensação de claridade. Sua unidade é a candela por metro quadrado (cd/m²). O limiar da percepção visual é igual à utilizada para se obter essa grandeza. 5cd/m². A Equação 4.2 mostra a expressão.

$$\mathbf{L = I/S} \qquad (4.2)$$

4.1.1.5 Temperatura de cor

A temperatura de cor é definida a partir da cor da luz emitida por um filamento de tungstênio aquecido a uma determinada temperatura. Dessa maneira, a temperatura de corpo luminoso da lâmpada informa não somente o fluxo luminoso emitido, mas também a cor da luz. Quanto maior a temperatura de cor, mais uniforme o espectro luminoso e mais branca a cor da luz. Esta temperatura é geralmente informada em Kelvin. O filamento de tungstênio aquecido até 2.000 K apresenta uma luz de aparência branco-avermelhada. Já a 4000 K, é quase branca. A luz branca natural emitida pelo sol em céu aberto ao meio dia tem temperatura de cor de aproximadamente 5.000 K [12].

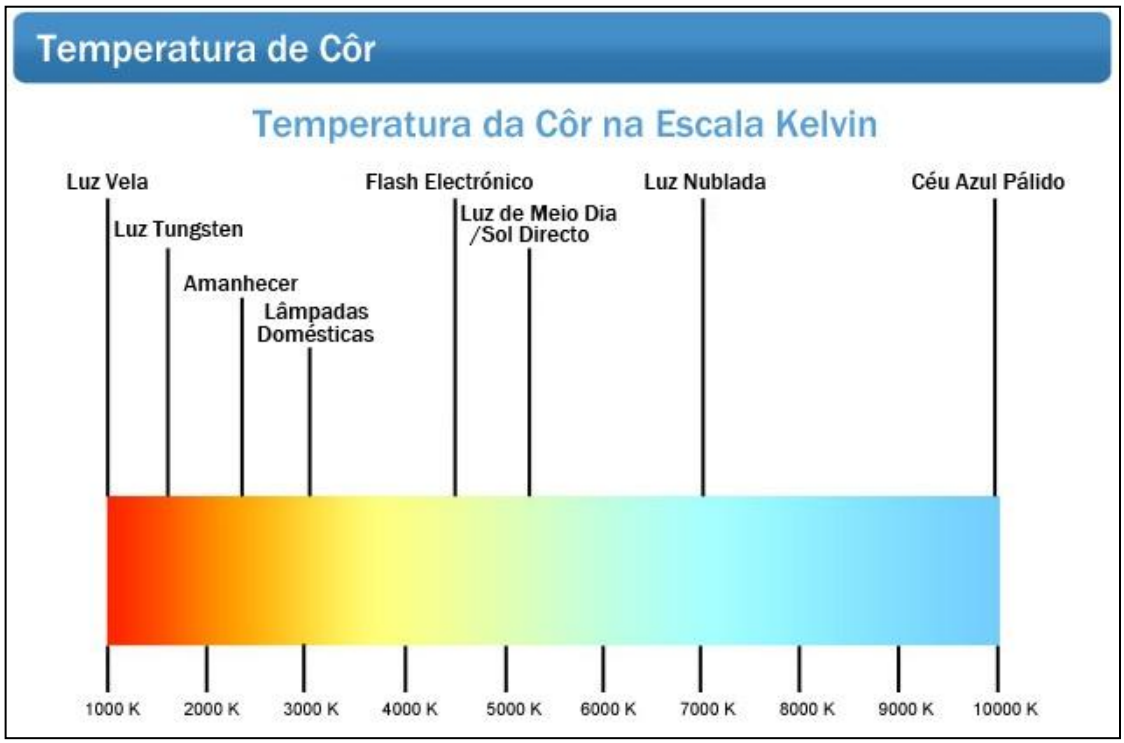

Figura 4.3 - Temperatura de Cor [31].

A temperatura de cor não está relacionada ao fluxo luminoso, isto é, uma maior temperatura de cor não se traduz em maior fluxo luminoso.

4.1.2 Lâmpadas

As lâmpadas são utilizadas para iluminação artificial de ambientes existem três categorias de lâmpadas sendo comercializadas. Existem novas tecnologia como OLED (diodo emissor de luz orgânico) e fibra de óptica, mas ainda exigem um alto investimento, inviabilizando a comercialização.

- Lâmpadas incandescentes.
- Lâmpadas de descarga.
- Lâmpadas de estado sólido (LED).

4.1.2.1 Lâmpadas incandescentes

Nas lâmpadas incandescentes a emissão de luz é obtida a partir do aquecimento do filamento de tungstênio pela passagem de corrente elétrica, até o filamento de tungstênio atingir a incandescência. O filamento fica contido no interior de um bulbo de vidro, de modo que se possa evitar sua oxidação. Para isto, realiza-se o vácuo no interior do bulbo, ou preenche-se com um gás inerte, como nitrogênio ou argônio.

4.1.2.2 Lâmpadas vapor de sódio, metálico, mercúrio e mista

Nessas lâmpadas, a emissão de luz é obtida através da excitação de moléculas de gases ou vapores metálicos, devido à tensão elétrica entre eletrodos especiais. A faixa de comprimento da luz emitida pela lâmpada varia de acordo com a pressão interna da lâmpada, a natureza do gás ou a presença de partículas no interior do tubo. Entre as diferentes classes das lâmpadas de descarga (fluorescente, sódio, mercúrio, mista e vapores metálicas), será brevemente explicada a lâmpada fluorescente, pelo seu uso mais rotineiro em ambientes residenciais e comerciais.

4.1.2.3 Lâmpadas fluorescentes

É formada por um tubo no qual na parede interna é fixado um material fluorescente. Efetua-se uma descarga elétrica a baixa pressão, em presença de vapor de mercúrio, produzindo-se uma radiação ultravioleta que, ao entrar em contato com o material fluorescente na parede interna do tubo, transforma-se em luz visível. Nas extremidades do tubo encontram-se eletrodos de tungstênio, que atuam como catodos.

Para o funcionamento dessas lâmpadas, instala-se em conjunto um reator e um disparador (starter). O reator aumenta a tensão durante a ignição e limita a intensidade de corrente durante o funcionamento da lâmpada. O disparador é uma espécie de minilâmpada de neônio, que provoca um pulso na tensão, iniciando a ignição na lâmpada. Caso seja utilizado um reator de partida rápida, não se faz necessário o uso de disparador.

4.1.2.4 Lâmpadas de LED

O LED é constituído por uma série de camadas de material semicondutor e é capaz de converter energia elétrica diretamente em luz. Por apresentar baixo consumo de energia

elétrica e longa durabilidade, torna-se uma opção interessante para melhor eficiência energética e também é interessante do ponto de vista ambiental.

Dependendo do material utilizado em sua composição, a cor emitida pelo LED varia entre vermelha, amarela, verde e azul. Para se produzir a luz branca, as cores azul, vermelha e verde são misturadas, ou utiliza-se o LED azul com fósforo amarelo.

4.1.3 Eficiência energética na iluminação

A eficiência energética na iluminação pode ser avaliada a partir da eficiência do tipo de lâmpada utilizada. Sua eficiência é dada pela razão do fluxo luminoso sobre a potência consumida, tendo como unidade lm/W. Lâmpadas fluorescentes apresentam eficiências maiores que lâmpadas incandescentes. Isso significa que uma maior porcentagem da potência é convertida em luz e uma menor porcentagem é convertida em calor. A Tabela 4.2 exemplifica essas informações [5,12].

Tabela 4.2 - Eficiência luminosa por tipo de lâmpada

Lâmpada	Potência (W)	Fluxo luminoso (lm)	Eficiência (lm/W)
Incandescente	100	1.380	13,8
Fluorescente	40	3.00	75,0
Multivapores metálicos	2.000	190.000	95,0

Fonte: Osram.

Algumas medidas podem ser tomadas para tornar o uso da iluminação mais eficiente sem a troca de lâmpadas são:

- Manter as lâmpadas apagadas em locais desocupados;
- Utilizar cores claras nas paredes e tetos;
- Conservar limpas as paredes, janelas e luminárias;
- Aproveitar a iluminação natural, quando possível.

Os itens mencionados como substituição de lâmpadas, instrumentação e controle, modernização do sistema de refrigeração, substituição de motores convencionais e instalação de controle eletrônico de equipamentos são pontos em que se pode fazer um estudo de

Eficiência Energética. A substituição por equipamentos mais eficientes devem oferecer o mesmo resultado, ou melhor, quando possível e ainda economizar energia.

4.2 Refrigeração

Os sistemas de condicionamento de ar atuam na manutenção dos níveis de temperatura e umidade de um ambiente, visando o conforto para os usuários e, por vezes, atendendo a condições necessárias em processos produtivos. A refrigeração pode responder por até 60% do consumo de energia elétrica no setor comercial. Portanto, analisar o impacto deste consumo em um projeto pode ser fundamental para elevar a eficiência energética [10].

4.2.1 Conceitos básicos

Os Sistemas de condicionamento de ar possuem quatro componentes básicos: compressor, condensador, evaporador e motor do ventilador.

4.2.1.1 Princípio de Funcionamento

O condicionador de ar tem como principal objetivo deixar ambientes em temperaturas agradáveis criando uma sensação de conforto térmico (aquecendo ou refrigerando).

O principio de funcionamento dos condicionadores de ar, nada mais é do que a troca de temperatura do ambiente, através da passagem do ar pela serpentina do evaporador, que por contato sofre queda ou aumento de temperatura, dependendo do ciclo utilizado, baixando a umidade relativa do ar.

Quando alcançado a temperatura desejada, um sensor localizado no evaporador realiza esta leitura e desliga o compressor. Qualquer variação na temperatura estipulada aciona-se novamente o compressor, que é responsável pela circulação do gás refrigerante dentro do sistema.

4.2.1.2 Operação de Refrigeração

No caso da operação de refrigeração o gás sai do compressor em alta pressão e alta temperatura. No caminho que percorre no condensador ele perde calor e continua perdendo no

"elemento de expansão" (tubo capilar e filtro secador). No evaporador, o gás já chega frio, pronto para refrigerar o ambiente interno e carregando o calor para o ambiente externo.

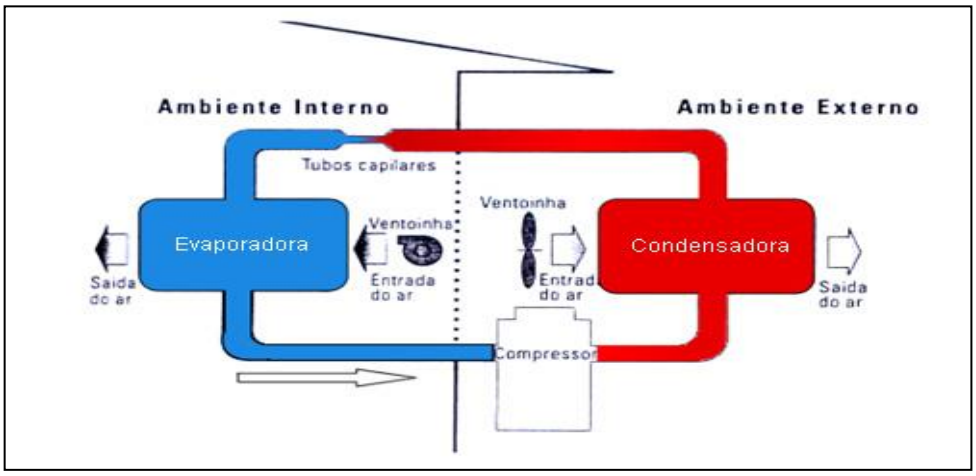

Figura 4.4 – Ciclo do sistema de refrigeração.
Fonte: Adias.

4.2.1.3 Coeficiente de Performance (COP)

O coeficiente de performance ou de desempenho avalia o rendimento de um equipamento de refrigeração, relacionando a capacidade de remoção de calor (Potência térmica útil ou Efeito frigorífico) à potência requerida pelo compressor (Potência consumida). A Equação 4.3 expressa essa relação.

$$\mathbf{COP} = \frac{\mathbf{ENERGIA\ ÚTIL(W)}}{\mathbf{ENERGIA\ CONSUMIDA(W)}} \qquad (4.3)$$

4.2.1.4 EER – Energy Efficiency Rate (Razão de Eficiência Energética)

Também é utilizada para indicar a eficiência de uma máquina frigorífica. Relaciona a energia útil produzida com o trabalho de compressão despendido. Sua unidade é o Btu/h por Watt. A Equação 4.4 expressa essa relação.

$$\mathbf{EER} = \frac{\mathbf{ENERGIA\ ÚTIL(Btu/h)}}{\mathbf{TRABALHO\ DE\ COMPRESSÃO(W)}} \qquad (4.4)$$

O COP e o EER são medidas que comprovam a eficiência energética do sistema. Geralmente COP e EER significam a mesma coisa, porém o EER refere-se à eficiência dos sistemas no arrefecimento e COP refere-se à eficiência dos sistemas no aquecimento.

Estas medidas são calculadas dividindo o valor da capacidade (kW) de arrefecimento para o EER, ou de aquecimento para o COP, pelo consumo elétrico nominal (kW).

4.2.1.5 Eficiência em kW/TR

Outro indicador de eficiência de um equipamento, sendo TR (tonelada de refrigeração) equivalente a 12.000 Btu/h. A Equação 4.5 expressa essa relação.

$$\textbf{Eficiência (kW/TR)} = \frac{\textbf{TRABALHO DE COMPRESSÃO(kW)}}{\textbf{ENERGIA ÚTIL (TR)}} \qquad (4.5)$$

4.2.2 Dimensionamento da refrigeração

O dimensionamento de um sistema de refrigeração deve-se fazer primeiramente um estudo das características do ambiente, saber se o ambiente tem insolação direta (Exemplo Casa ou Apartamento de Cobertura) ou é indireta (Exemplo apartamento andares intermediários). Neste caso, deve-se adicionar 800 Btu/h para cada m². E sendo insolação indireta, para cada m² deve-se adicionar 600 Btu/h.

Após calcular a carga térmica relacionada à área do ambiente, deve-se considerar a quantidade de pessoas que utilizarão o espaço. Para cada pessoa, deve-se adicionar 600 Btu/h.

Deve-se considerar a quantidade de equipamentos eletrônicos que emitam calor, como computadores. De modo geral, associa-se 600 Btu/h para cada equipamento, mas esse valor pode ser modificado caso seja conhecida a verdadeira carga térmica do equipamento.

Por exemplo, um ambiente de 20 m² que não recebe insolação direta nem é cobertura, que será ocupado por 4 pessoas e contém 4 computadores, deverá ter um aparelho de ar condicionado de 16.800 Btu/h, como pode ser visto na Tabela 4.3. Como não há equipamento com essa capacidade disponível no mercado, escolhe-se um imediatamente acima, ou dois que, somados, forneçam essa refrigeração. A opção mais próxima do valor calculado é por um aparelho de 18.000 Btu/h.

Tabela 4.3 – Cálculo da Carga Térmica de um ambiente.

Variável	Quantidade	Carga Térmica Unitária (Btu/h)	Total
Área	20	600	12.000
Número de pessoas	4	600	2.400
Equipamentos	4	600	2.400
Total			16.800

Fonte: Elaborada pelo autor.

5 Máquinas Elétricas

Outro ponto muito importante é a substituição de motores de baixo rendimento por motores de alto rendimento.

O motor de indução trifásico é uma máquina intrinsecamente eficiente. O formato da sua curva de rendimento revela um largo patamar que cobre uma faixa de 50 a 100% de carga com altos rendimentos. Este tipo de comportamento não é facilmente encontrado em outras concepções de máquinas, como as hidráulicas ou as térmicas, onde o rendimento cai rapidamente quando se opera fora das condições nominais.

Porém, se os motores de indução são máquinas eficientes, por que eles são considerados um grande potencial de economia de energia quando se realiza diagnóstico energético em uma indústria? Devido a grande quantidade de unidades instaladas. Os motores de indução são responsáveis pelo consumo de aproximadamente 25% de toda a energia elétrica gerada no Brasil (Bortoni, 2006).

5.1 Características dos Motores de Alto rendimento

5.1.1 Motor de Alto Rendimento

Consomem menos energia elétrica do que os motores convencionais, com o fornecimento da mesma potencia útil na ponta do eixo. A utilização dos motores de alto rendimento é justificável, pois este reduz os custos do consumo de energia elétrica e traz outros benefícios ambientais, devido à sua forma de utilização mais racional de recursos naturais.

Benefícios Econômicos

O motor de alto rendimento consume menos energia elétrica, comparado ao motor standard para executar o mesmo trabalho.

Economia de Energia

A energia elétrica consumida no ano pode ser calculada por meio da Equação 5.1:

$$E = T(tempo) \times P \quad (5.1)$$

A potência elétrica se relaciona com a mecânica P (em cv) por um fator de conversão de unidades, que vale 0,736 e pelo rendimento N. Calculado pela Equação 5.2, tem-se:

$$E = 0{,}736 \times T \times P \times 1/N \quad (5.2)$$

Considerando os rendimentos dos motores de alto rendimento como NAR e o padrão como NP, a economia pode ser calculada pela Equação 5.3:

$$EA = 0{,}736 \times T \times P \times (1/NP - 1/NAR) \quad (5.3)$$

EA = energia anual, em kWh

NP = rendimento do motor convencional, adimensional.

NAR = rendimento do motor de alto rendimento, adimensional.

T = tempo de utilização, em horas.

P = potência, em cavalo-vapor (cv).

5.1.2 Característica de Construção

• Chapas metálicas de melhor qualidade, geralmente de aço silício.

• Enrolamentos especiais, que produzem menos perdas nos estatores.

Os motores de alto rendimento apresentam as seguintes características:

• Rotores tratados termicamente, reduzindo perdas nos rotores.

• Maior volume de cobre, o que reduz a temperatura de operação.

• Anéis de curto circuito dimensionados para reduzir as perdas por efeito Joule.

• Projetos de ranhuras do motor são otimizados para incrementar o rendimento.

• Altos fatores de enchimento das ranhuras, que provêm melhor dissipação do calor gerado.

Motivação: Tempo de Retorno de Investimento (TRI) é dado pela Equação (5.4).

$$TRI = (PRar - PRp)/EAxT \quad (5.4)$$

TRI = tempo de retorno do investimento, em anos.

PRar = preço do motor de alto rendimento, em reais.

PRp = preço do motor convencional, em reais.

EA = energia consumida no ano, em kWh.

T = tarifa de energia, em R$/kWh

Exemplo:

Supôs-se dois motores, um de alto rendimento e outro convencional, ambos com 15 CV de potência e 4 pólos, com funcionamento a uma tensão de 220 V.

Por pesquisa no mercado, encontrou-se rendimento aproximado de 88,3% para o motor convencional e 91,7% para o de alto rendimento. Considerou-se o funcionamento do motor de 12 horas diárias, totalizando 4380 horas no ano.

$$EA=0{,}736 \times 4380 \times 15 \times (1/0{,}883 - 1/0{,}917) \quad (5.5)$$

$$EA= 2030 \text{ kWh}$$

Pela fórmula da energia mostrada anteriormente, Equação 5.4:

O preço da tarifa (baseado na tabela da ANEEL) [18] é de R$ 0,20 /kWh.

O preço de compra dos motores sendo R$ 460,00 para o convencional e R$ 720,00 para o motor de alto rendimento.

$$TRI = (720-460) / (2030x0{,}20) = 0{,}64 \text{ anos} = 7{,}7 \text{ meses} \quad (5.6)$$

Percebe-se que o motor de alto rendimento retornaria o preço investido em apenas 7,7 meses. Como o uso de um motor é de vários anos, então o de alto rendimento seria economicamente melhor do que o motor convencional [14].

6 Estudo de Caso

A presente monografia visa mitigar um problema existente que é o uso ineficiente da energia elétrica, através de projetos de eficiência energética. É um estudo baseado em um prédio comercial de seis andares com prestação de serviços em atendimento a clientes.

No dia 16 de Março de 2014, foi realizado o levantamento de cargas do Grupo Orbitall Stefanini, situada na Alfredo Pujol, número 506, no bairro de Santana, Zona Norte da capital de São Paulo. O levantamento completo de cargas está em meio digital (Planilha de cálculo de carga térmica).

Esse edifício serve como exemplo, não o único. A análise para estudo de diagnósticos energéticos (levantamento de dados sobre equipamentos como iluminação, máquinas elétricas, ar comprimido e ar condicionado) feita em indústrias e prédios comerciais pode se constatar a necessidade de troca de equipamentos antigos por novos. Ou talvez até mesmo apenas um *retrofit* nos equipamentos com o objetivo de economizar energia.

A proposta é trocar todo o sistema de iluminação por luminárias eficientes quando necessário ou apenas lâmpadas em casos onde já se tem luminárias eficientes, optando pelo reuso do mesmo equipamento existente quando possível. Apenas no quesito iluminação, pode se obter, dependendo do local, uma redução no consumo de 20% a 25% [5].

O sistema de iluminação existente é composto predominantemente por luminárias de 2 lâmpadas de 32 W e 2 lâmpadas de 40 W, com alguns reatores eletromagnéticos e luminárias não reflexivas. Os modelos propostos foram de luminárias de 2 lâmpadas de 25 W e 2 lâmpadas de 14 W, usando reatores eletrônicos e luminárias com refletor de alumínio de alto brilho. Para evitar o custo da modificação do forro existente, algumas luminárias foram criadas especialmente sobre medida para se adequarem ao vão do forro existente.

Um problema encontrado foi o acionamento das luminárias pelo fato de todas ficarem acesas ao mesmo tempo, não sendo possível o desligamento por seção. Portanto, será proposto um sistema de acionamento por seção, onde se obterá um maior controle sobre o uso da iluminação e, assim, ter-se-á um ganho de economia de energia.

Outra sugestão é a instalação de sensores de presença em ambientes que não são necessários a permanência da iluminação o tempo todo, evitando o controle humano.

6.1 Dados levantados

6.1.1 Levantamento de dados em campo

Com o levantamento de todos os tipos de luminárias e lâmpadas instaladas é possível fazer uma proposta de troca por luminárias e lâmpadas mais eficientes conforme tabela 6.1. A Tabela 6.1 mostra o levantamento de todas as luminárias instaladas por andar e o modelo a ser proposto para uma melhor economia de energia.

No presente caso, faz-se necessário a troca de luminárias e lâmpadas, pois as luminárias não possuem refletores, perdendo eficiência no aproveitamento dos raios luminosos e as lâmpadas são de 32 W, podendo ser substituídas por lâmpadas de 25 W.

Onde havia lâmpadas incandescentes, a proposta é substituir por lâmpadas fluorescentes compactas, devido a sua localização, pois se encontram em rampas de estacionamento e área externa. Será possível melhorar o ganho apenas em potência instalada.

6.1.2 Levantamento de dados por pavimento.

O levantamento de dados do sistema de iluminação do prédio consta na Tabela 6.1. Informações contidas na tabela:

- Tipos de luminárias e lâmpadas por pavimento.
- Tipo de lâmpada existente na cor cinza e proposto na cor verde.
- Tipo de luminária existente na cor cinza e proposto na cor verde.
- Potência total instalada por pavimento.
- Potência total instalada por setor (estacionamento, banheiro, etc.).
- Potência total instalada do sistema de iluminação.

Tabela 6.1 - Levantamento de cargas de iluminação existente e proposto por andar.

Pavimento: Subsolo	Tipo de lâmpada 2x20W	Proposto lâmpada TL5-14W	Tipo de lâmpada 2x32W	Proposto lâmpada 2x25W	Tipo de lâmpada 2x40W	Proposto lâmpada 2x25W	Tipo de lâmpada 2x18W	Proposto lâmpada 2x14W	Tipo de lâmpada incandescente 100W	Proposto LFC 20W	Tipo de lâmpada LFC 25W	Proposto LFC 25	Potência instalada em W
Estacionamento					84	84			12	12			7920
Sala elétrica					4	4							320
Sala do Gerador					3	3							240
Cabine Primária					3	3			3	3			540
Sala máquinas					3	3							240
Sala POP					3	3							240
Hall Elevador					4	4							320
Banheiro Feminino					2	2							160
Banheiro Masculino					2	2							160
Pavimento: Térreo													
Sala CPD			16	16									1024
Banheiro Feminino			1	1									64
Banheiro Masculino			1	1									64
Hall Elevado/corredor			1	1			27	27					1036
Refeitório			4	4									256
Área externa											100	100	2500
Sala Bombeiro											6	6	150
Shaft			1	1									64
Pavimento: 1º andar													
Corredor Ambulatório							11	11					396
Ambulatório			20	20									1280
Área de operação			27	27									1728
Sala Dep. Pessoal			6	6									384
Corredor	17	17	6	6									1064
Sala de operação 1			11	11									704
Sala técnica			6	6									384
Sala CPD			5	5									320
Sala de Treinamento			9	9									576
Sala de operação 2			19	19									1216
Sala RH			6	6									384
Hall Elevador							10	10			5	5	485
Banheiro Feminino							4	4					144
Banheiro Masculino							5	5					180
Recepção							4	4					144
Shaft			1	1									64
Pavimento: 2º andar													
Operação			146	146									9344
Sala de reunião			4	4									256
Sala NOC			7	7									448
Banheiro Masculino			9	9									576
Banheiro Feminino							9	9					324
Hall elevador							10	10			5	5	485
Shaft			1	1									64
Pavimento: 3º andar													
Operação			144	144									9216
Sala de reunião 1			4	4									256
Sala de reunião 2			4	4									256
Sala de reunião 3			6	6									384
Banheiro Masculino			9	9									576
Banheiro Feminino							9	9					324
Hall elevador							10	10			5	5	485
Shaft			1	1									64
Pavimento: 4º andar													
Operação			128	128									8192
Sala de reunião 1			4	4									256
Sala de reunião 2			6	6									384
Sala de reunião 3			4	4									256
Banheiro Masculino			9	9									576
Banheiro Feminino			9	9									576
Hall elevador							10	10			5	5	485
Shaft			1	1									64
Pavimento: 5º andar													
Operação			109	109									6976
Sala de reunião 1			5	5									320
Sala de reunião 2			5	5									320
Sala de reunião 3			5	5									320
Sala de reunião 4			9	9									576
Banheiro Masculino			9	9									576
Banheiro Feminino							9	9					324
Hall elevador							10	10			5	5	485
Shaft			1	1									64
Pavimento: 6º andar													
Operação			99	99									6336
Sala de reunião 1			4	4									256
Sala de reunião 2			4	4									256
Sala de reunião 3			4	4									256
Banheiro Masculino							5	5					180
Banheiro Feminino							4	4					144
Hall elevador							14	14			5	5	629
Shaft			1	1									64
Escada emergência interna			24	24									1536
Escada emergência externa									12	12			1200
Total	**17**	**17**	**915**	**915**	**108**	**108**	**151**	**151**	**27**	**27**	**136**	**136**	**79416**

Fonte: Elaborada pelo autor.

6.2 Potência instalada por tipo de luminária e lâmpada

O levantamento de dados do sistema de iluminação do prédio consta na Tabela 6.2. Informações contidas na tabela:

- Tipo de lâmpada existente na cor cinza e proposto na cor verde.
- Potência total instalada por tipo de lâmpada existente na cor cinza.
- Potência total instalada por tipo de lâmpada proposto na cor verde.
- Potência total instalada do sistema de iluminação existente na cor cinza.
- Potência total instalada do sistema de iluminação proposto na cor verde.

Segue conforme Tabela 6.2 o cálculo comparativo entre sistema existente e o sistema proposto. Na última coluna na cor cinza temos a carga total instalada e na cor verde a carga total instalada após a substituição por luminárias e lâmpadas mais eficientes.

Tabela 6.2 - Comparativo entre o sistema existente e o proposto.

Tipo de Lâmpada	Tipo de lâmpada 2x20W	Proposto lâmpada TL5-14W	Tipo de lâmpada 2x32W	Proposto lâmpada 2x25W	Tipo de lâmpada 2x40W	Proposto lâmpada 2x25W	Tipo de lâmpada 2x18W	Proposto lâmpada 2x14W	Tipo de lâmpada incandescente 100W	Proposto LFC 20W	Tipo de lâmpada LFC 25W	Proposto LFC 25	Potência instalada em W
Potência W(existente)	680		58560		8640		5436		2700		3400		79416
Potência W(Proposto)		476		45750		5400		4228		540		3400	59794

Fonte: Elaborada pelo autor.

6.2.1 Economia por tipo de luminária e lâmpadas propostas

Com substituição do sistema de iluminação existente por luminárias e lâmpadas mais eficientes. A diferença entre o existente e o proposto na Tabela 6.2.

Tabela 6.3 consta informações como:

- Economia de potência em Watts (W) por tipo de lâmpada comparado com tabela 6.2.
- Economia de potência total instalada em Watts (W) comparado com tabela 6.2.

Tabela 6.3 - Economia prevista do sistema de iluminação.

Economia por tipo de lâmpada proposto													Total
Economia W (proposto)	204		12810		3240		1208		2160		0		19622

Fonte: Elaborada pelo autor.

6.2.2 Cálculo do Investimento do projeto

Após o levantamento de todos os tipos de luminárias instaladas é possível fazer um diagnóstico de qual será o melhor tipo de luminária e lâmpada á ser instalada sem perder o índice de luminosidade conforme norma NBR 5413/1992 e economizar energia.

A tabela 6.4 nos mostra um orçamento do custo total envolvendo a substituição de luminárias, lâmpadas e mão de obra, totalizando um investimento de R$ 240.865,10.

Tabela 6.4 - Cálculo do custo do sistema de iluminação proposto.

Cálculo Investimento							
Custo luminária 2x25W	Reator 25W	Lâmpada-25W	Custo luminária 2x14W	Reator	Lâmpada-14W	Mão de obra instalação	Total R$
108.412,50	48.531,00	45.696,00	9465,60	7.395,20	2.364,80	19.000,00	240.865,10

Fonte: Elaborada pelo autor.

6.2.3 Cálculo do retorno Investimento.

Através de análise do horário de operação do prédio, como troca de turnos e carga horária de trabalho e possível calcular o consumo de energia mensal. E assim verificar o retorno investimento coforme tabela 6.4. É possível um retorno do investimento em 8,3 anos.

ECO=CONS./DIA*DIA/MÊS*FATOR*ECO. PROP (6.1)

ECO=15*26*0,9*19.622= 6.839,58 kWh/mês (6.2)

$ECO_{R\$} = T*ECO$ (6.3)

$ECO_{R\$/MÊS} = 0,35*6.887,32= 2.410,56.$ (6.4)

$ECO_{R\$/ANUAL} = 12*ECO/MÊS$ (6.5)

$ECO_{R\$/ANUAL} =12*2.410,56 = 28.926,74$ (6.6)

ECO = economia de energia (kWh)

CONS./DIA = consumo de energia diária

DIA/MÊS = dias de trabalho

FATOR = fator de correção

ECO. PROPOSTA = após projeto implantado (economia conforme tabela 6.4)

T= tarifa da concessionária

Tabela 6.5 - Cálculo do retorno do investimento.

Cálculo Retorno Investimento						
Consumo dia / h	Dia /mês	Fator de correção	Economia de energia (KWh)	Economia R$/mês	Economia R$/ano	Payback em anos
15	26	0,9	6.887,32	2.410,56	28.926,75	8,3

Fonte: Elaborada pelo autor.

Pode se obter uma economia de 6.887,32 kWh por mês, economia financeira de R$ 2.410,56 por mês e uma economia em R$ 28.926,75 por ano, com possibilidade do retorno do investimento em 8,3 anos.

7 Ar condicionado

7.1 Sistema instalado existente

O vilão no consumo de energia principalmente no verão que é o sistema de ar condicionado. No presente estudo, os equipamentos são muitos antigos.

Os equipamentos existentes são 02 Chillers, do fabricante HITACHI, fabricado em 1989, com capacidade de 110 TR (tonelada de refrigeração) cada, condensação a água e duas torres de resfriamento. São distribuídos 02 fancoils para cada andar, dividindo o ar refrigerado para cada metade do andar.

Os equipamentos propostos serão 02 Chiller, HITACHI modelo RCU110WSZ2B com condensação a água e fabricação 2013/2014 com capacidade de refrigeração de 110 TR.

Será proposto um Chiller com condensação a água pelo fato de ter um COP maior e também visando aproveitar o sistema existente.

Um problema encontrado foi a incompatibilidade da capacidade do Chiller de 110 TR comparado com a carga térmica calculada que foi de 180 TR. Atualmente, nos dias com temperatura elevada, o sistema opera com deficiência, pelo fato de que apenas um dos Chillers de 110 TR encontra-se em pleno funcionamento (segundo relatado pelos operadores do sistema).

O Chiller de 110 TR esta sendo utilizado para refrigerar um ambiente com carga térmica de 180 TR, que é incapaz de suprir a demanda conforme calculado Tabela 7.1.

Foi feito recentemente uma melhoria nos dutos de ar condicionado, em que houve um pequeno ganho no aproveitamento do ar frio, uma vez que esse ar era insuflado no forro para depois vir a resfriar o ambiente.

7.1.1 Resumo da carga instalada em TR por andar

Através de levantamento de dados e usando planilha de cálculo de carga térmica, conforme Planilha Eletrônica Carga Térmica [26], chegou-se aos valores de carga térmica de cada andar, conforme Tabela 7.1. Com esses dados é possível fazer um diagnóstico das condições do sistema de ar condicionado e infraestrutura para se elaborar uma proposta de PEE. Tabela 7.1 consta as seguintes informações:

- Resumo da carga térmica por andar em TR.
- Total da carga térmica dos pavimentos em TR.

Tabela 7.1 - Resumo da carga térmica de ar condicionado.

Pavimento	Carga térmica em TR
1º andar	17,6
2º andar	38,7
3º andar	42,7
4º andar	42,7
5º andar	38,7
6º andar	sistema independente
Total	180,4

Fonte: Elaborada pelo autor.

7.1.2 Consumo Energético Equipamento Novo

Com a tabela prática de consumo energético é possível comparar os dados do sistema existente e propor um equipamento mais eficiente.

Como relatado na introdução, os equipamentos foram instalados em 1989. São 25 anos de uso sem nenhuma melhoria, sem nenhum investimento em modernidade e, portanto, é uma boa oportunidade a ser explorada, visto que equipamentos modernos possuem uma maior eficiência, conforme Tabela 7.2. A Tabela 7.2 mostra as seguintes informações:

- Tipo de equipamento e sistema a ser utilizado.
- Tipo de condensação.
- Coeficiente de desempenho COP de cada equipamento.
- Consumo de energia do equipamento e do sistema.
- Cosumo de gás quando o sistema for a gás.

Tabela 7.2 - Consumo energético.

Consumo Energético								
Sistema	Tipo	Equipamento	Condensação	Estado	COP	Consumo de Energia Elétrica (KW/TR)		Consumo Gás Natural (m³/TR) PCI= 8560 Kcal/m³
						Equipamento	Sistema	
Gas Natural	DXS	GHP	Ar	Novo	1,41	0,10	0,10	0,24 (0,21 a 0,27)
	CWS	GHP Chiller	Ar	Novo	1,41	0,10	0,15	0,24 (0,21 a 0,27)
		Chiller Absorção Amônia	Ar	Novo	0,69	0,10	0,30	0,50
		Chiller Absorção <300TR	Água	Novo	1,36	0,03	0,18	0,22 (0,22 a 0,26)
		Chiller Absorção >300TR	Água	Novo	1,36	0,03	0,18	0,22 (0,22 a 0,26)
Elétrico	DXS	Aparelho de Janela	Ar	Novo	1,76	2,00	2,00	-
		Split	Ar	Novo	2,61	1,35	1,35	-
		self	Ar	Novo	2,61	1,35	1,35	-
			Água	Novo	2,93	1,20	1,40	-
		Splitão	Ar	Novo	2,61	1,35	1,35	-
		VRF	Ar	Novo	4,14	0,85	0,85	-
			Água	Novo	5,23	0,67	0,75	-
	CWS	Chiller Alternativo	Ar	Velho	2,33	1,51	1,61	-
			Água	Velho	3,2	1,10	1,35	-
		Chiller Scrooll	Ar	Novo	3,66	0,96	1,05	-
				Velho	2,61	1,35	1,41	-
			Água	Novo	3,82	0,92	1,16	-
				Velho	3,55	0,99	1,23	-
		Chiller Parafuso	Ar	Novo	3,29	1,07	1,16	-
				Velho	2,91	1,21	1,31	-
			Água	Novo	4,51	0,78	1,02	-
				Velho	4	0,88	1,12	-
		Chiller Centrifugo	Água	Novo	7,03	0,50	0,72	-
				Velho	5,5	0,64	0,87	-

Fonte: ABEGÁS 2010, apud COMGÁS

7.1.3 Dados Práticos de Investimento.

Foi feito uma análise na infraestrutura existente e foi proposto um equipamento que aproveite a infraestrutura existente ganhando economia no projeto.

Escolheu-se um Chiller Parafuso com condensação a água (como destacado na Tabela 7.2), pois possui uma eficiência maior em relação ao Chiller com condensação a ar. E também para o aproveitamento da infraestrutura existente, não necessitando de investimento em torres de resfriamento, tubulações e custo da mão de obra para instalações. Será calculado apenas o custo dos novos equipamentos e custo para a troca dos equipamentos, conforme Tabela 7.2.

7.1.4 Investimento Inicial e Anual.

A Tabela 7.3 será utilizada para análise de custo dos equipamentos, podendo ser refinada com resultado melhor consultando empresas de ar condicionado. A Tabela 7.3 mostra as seguintes informações:

- Tipos de sistemas a ser utilizados a gás ou elétrico.
- Tipos de equipamentos com refrigeração a água ou ar.

- Custo da manutenção de cada tipo de equipamento.
- Custo para aquisição
- Custo para aquisição quando necessário a adequação da subestação de entrada de energia elétrica.
- Custo para aquisição da torre de resfriamento.
- Custo do tratamento químico (R$/TR).

Tabela 7.3 - Custos de sistemas de ar condicionado.

Custo Investimento									
Sistema	Tipo	Equipamento	Condensação	Estado	Invest. Anual		Invest. Inicial		
					Trar. Quim (R$/TR)	Manut. (R$/TR)	Equipam.(R$/TR)	Subestação El. (R$/KW	Bomba Cond e Torre (R$/TR
Gas Natural	DXS	GHP	Ar	Novo	0	94	4140	500	
	CWS	GHP Chiller	Ar	Novo	0	94	4140	500	
		Chiller Absorção Amônia	Ar	Novo		69	6000	500	
		Chiller Absorção <300TR	Água	Novo	5	69	1400	500	500
		Chiller Absorção >300TR	Água	Novo	5	69	1100	500	500
Elétrico	DXS	Aparelho de Janela	Ar	Novo	0	253	1100	500	0
		Split	Ar	Novo	0	253	1300	500	0
		self	Ar	Novo	0	253	1100	500	0
			Água	Novo	5	253	1000	500	450
		Splitão	Ar	Novo	0	253	1100	500	0
		VRF	Ar	Novo	5	92	2750	500	0
			Água	Novo	0	92	3600	500	450
	CWS	Chiller Alternativo	Ar	Velho	0	161	0	0	0
			Água	Velho	5	161	0	0	0
		Chiller Scrooll	Ar	Novo	0	115	950	500	0
				Velho	0	161	0	0	0
			Água	Novo	5	115	900	500	450
				Velho	5	161	0	0	0
		Chiller Parafuso	Ar	Novo	0	115	1050	500	0
				Velho	0	161	0	0	0
			Água	Novo	5	115	1000	500	450
				Velho	5	161	0	0	0
		Chiller Centrifugo	Água	Novo	5	115	1000	500	450
				Velho	5	161	0	0	0

Fonte: ABEGÁS 2010, apud COMGÁS

7.1.5 Especificações dos equipamentos existentes.

Os dados dos equipamentos existentes foram obtidos través de placas de característica do equipamento e o consumo em (kW/TR) foi obtido através de medidor de energia [26]. A tabela 7.4 mostra as seguintes informações:

- Marca do equipamento existente.
- Capacidade do equipamento existente.
- Consumo em kW

- Consumo kW/TR
- Modelo
- Tipo de refrigerante utilizado
- Ano de fabricação do equipamento
- Quantidade de equipamentos instalados no edifício.

Tabela 7.4 - Especificações do equipamento existente.

Especificação Técnica Equipamento existente									
Marca	Capacidade TR	Cosumo KW	FP	Cons. (KW/TR)	COP	Modelo	Refrigerante	Fabricação	Quantidade
HITACHI	110	98,8	0,86	1,3		RCU 11043	R22	1989	2

Fonte: Elaborada pelo autor.

7.1.6 Especificações dos equipamentos proposto

Os dados dos equipamentos novos foram obtidos através de catálogos do fabricante, como mostra a Tabela 7.5 [17]. A tabela 7.5 consta as seguintes informações:

- Marca do equipamento existente.
- Capacidade do equipamento existente.
- Consumo em kW
- Consumo kW/TR
- Modelo
- Tipo de refrigerante utilizado
- Ano de fabricação do equipamento
- Quantidade de equipamentos proposto a ser instalado no edifício

Tabela 7.5 - Especificações do equipamento proposto.

Especificação Técnica Equipamento Proposto									
Marca	Capacidade TR	Cosumo KW	FP	Cons. (KW/TR)	COP	Modelo	Refrigerante	Fabricação	Quantidade
HITACHI	110	86,3	0,9	1,02	4,4	RCU 110WSZ2B	R-407C	2014	2

Fonte: Elaborada pelo autor.

7.1.7 Cálculo Comparativo entre Sistema Existente e Proposto

Com os dados técnicos dos equipamentos, pode-se calcular o consumo de energia elétrica dos Chillers e, portanto, obter valores que possibilitem a comparação entre os equipamentos existentes e os propostos. Pode-se, também, com o custo da energia elétrica, calcular a economia prevista.

CONS=POT. CHILLER*kW/TR*Horas/dia* DIAS/MÊS*Fator de Carga **(7.1)**

CONS.$_{exist.}$= 2*CHILLER 110TR*1,3kw/TR*12h/DIA*26DIAS/MÊS*FATOR DECARGA = 100,38 kWh/mês (7.2)

CONS.$_{prop.}$= 2*CHILLER 110TR*1,02kw/TR*12H/DIA*26DIAS/MÊS*FATOR DE CARGA = 78,76 kWh/mês (7.3)

CONS.$_{exist.}$= Consumo Chiller existente =100.380 kWh/mês
CONS.$_{prop.}$= Consumo do Chiller proposto= 78,76 kWh/mês

Com a equação 7.4 calcula se o custo em R$ dos Chillers.

CUSTO $_{chiller\ existente\ em\ R\$}$= CONS.exist.* Tarifa **(7.4)**
CUSTO $_{chiller\ existente\ em\ R\$}$=100.380*0,35= R$ 35.135,10 (7.5)

CUSTO $_{chiller\ proposto\ em\ R\$}$= CONS.exist.* Tarifa **(7.6)**
CUSTO $_{chiller\ proposto\ em\ R\$}$=78.764 *0,35= R$ 27.567,54 (7.7)

ECO $_{mensal}$= CUSTO $_{chiller\ existente\ em\ R\$}$ - CUSTO $_{chiller\ proposto\ em\ R\$}$ **(7.8)**

ECO $_{mensal}$= R$ 35.135,10 - 27.567,54 = R$ 7.567,54 (7.9)

ECO$_{anual}$=ECO$_{mensal}$*12 **(7.10)**

ECO $_{anual}$= ECO $_{mensal}$ *12= R$ 90.810,72 (7.11)

O resumo de todos os cálculos envolvidos comparando os Chillers existentes e os propostos constam na Tabela 7.6. Assim, com o comparativo entre o consumo do equipamento existente e o consumo do equipamento proposto em R$, existe economia mensal e anual significativa após a implantação do PEE.

Tabela 7.6 - Cálculo comparativo entre o sistema existente e o proposto.

Cálculo Comparativo entre Sistema Existente e Sistema Proposto					
Consumo Chiller Existente (kWh/mês)	Custo Chiller Existente (R$)	Consumo Chiller Novo(kWh/mês)	Custo Chiller Novo (R$)	Economia mensal (R$)	Economia anual (R$)
100386	R$ 35.135,10	78764,4	R$ 27.567,54	R$ 7.567,56	R$ 90.810,72

Fonte: Elaborada pelo autor

7.1.8 Cálculo retorno investimento.

Com os dados da Tabela 7.3 é possível determinar o custo dos novos equipamentos e retorno do investimento.

INV= (CUSTO EQUIP.(R$/TR)* QUANT. EQUI.)+ CUSTO INST. **(7.12)**

INV. = (1000*110*2)+12.000= R$ 232.000,00 (7.13)

A tabela 7.7 consta as informações sobre tipo de equipamento a ser instalado, modelo, quantidade, e capacidade, custo em R$/TR, custo da mão de obra para instalação, custo total e retorno investimento.

Tabela 7.7 - Cálculo do retorno do investimento.

Investimento						
Equipamento	Quantidade	Modelo	Capacidade TR	Equipam.(R$/TR)	Custo R$	Payback (anos)
HITACHI	2	RCU 110WSZ2B	110	R$ 1.000,00	R$ 232.000,00	2,6

Fonte:.Elaborado pelo autor

O investimento será de R$232.000,00, incluindo a mão de obra para as instalações. Com a utilização de novos equipamentos, a economia gerada será de R$ 90.810,72, conforme Tabela 7.6, e o retorno do investimento será em 2,5 anos.

8 Motores

8.1 Motores instalados

Outro ponto importante a ser verificado nos edifícios, seja ele comercial ou industrial, são as máquinas elétricas, que, neste caso, são motores. O prédio em estudo possui 6 motores de 12,5 cv cada. Os equipamentos que utilizam esses motores incluem uma motobomba para o abastecimento do reservatório de água e duas motobombas para abastecimento das torres de refrigeração.

Segundo dados coletados e visitas as instalações para observação 3 dessas motobombas ficam na reserva e 3 dessas motobombas trabalham 6 horas diárias cada. Recentemente foram retirados os motores standard e colocados motores de alto rendimento. No presente estudo foi calculada a economia gerada com a troca desses motores.

Utilizando-se dois motores, um de alto rendimento e outro convencional, ambos com 12,5 cv de potência e 4 polos, com funcionamento a uma tensão de 220 V. A Tabela 8.1 mostra os dados para apenas um motor, devendo ser multiplicada pela quantidade de motores existentes, que no caso estudado são 3 motores.

Tabela 8.1 - Especificação dos motores.

Especificação Técnica	Motor Standard (Antigo)	Motor Alto Rendimento (Novo)
Potência do Motor (cv)	12,5	12,5
Rotação (RPM)	1755	1755
Acionamento	Estrela/Triângulo	Estrela/Triângulo
Tensão (V)	220	220
Acoplamento	Acoplamento elástico	Acoplamento elástico

Fonte: WEG

8.1.1 Medição de Potência Consumida

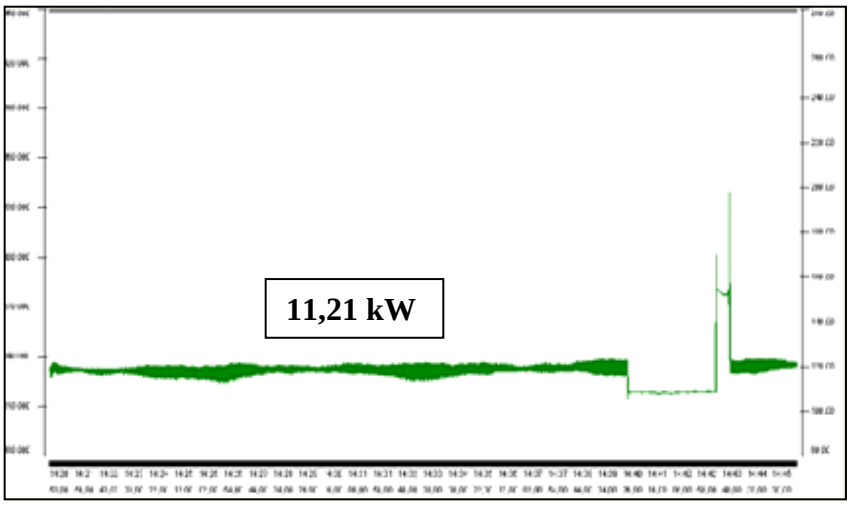

Figura 8.1 - Medição de potência consumida por um motor standard.
Fonte: WEG, adaptada.

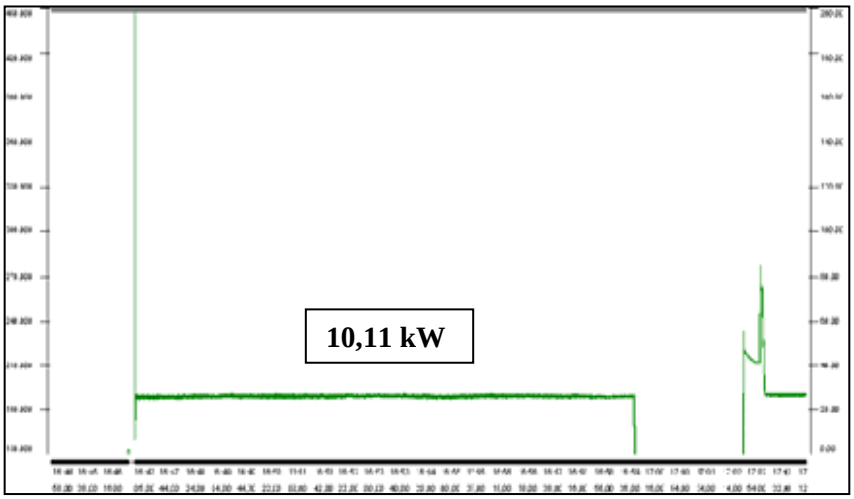

Figura 8.2 - Medição da potência consumida por um motor de alto rendimento.
Fonte: WEG, adaptada.

Por pesquisa no mercado, encontrou-se rendimentos aproximados de 82,3% para o motor convencional e 91,7% para o de alto rendimento [19]. Considerou-se o funcionamento do motor de 6 horas diárias, totalizando 2.190 horas no ano. Tabela 9.1 consta dados medidos em funcionamento [26].

8.1.2 Cálculo da economia anual

Com as informações do fabricante de motores podemos calcular a economia anual usando a Equação 5.3.

$$EA=0,736*2190*12,5*(1/0,82 – 1/0,91) = 2430 \text{ kWh} \quad (8.1)$$

Como são 3 motores de 12,5 CV então:

$$EA = 3*(2430)= 7.290 \text{ kWh} \quad (8.2)$$

Tempo de Retorno de Investimento (TRI) para os 3 motores em operação usando a Equação 5.4.

$$TRI = (1984,16-1735,23) / (7290*0,35) = 0,097 \text{ anos} = 12 \text{ meses} \quad (8.3)$$

$$TRI_{R\$=} 7290*0,35=2.551,50 \quad (8.4)$$

A Tabela 8.2 refere-se ao cálculo para um motor. Sendo assim, tem-se que considerar a quantidade de motores a serem substituídos no projeto. Como os motores são de potências idênticas, a proporção de consumo, redução de consumo e retorno investimento é a mesma.

Tabela 8.2 - Cálculo do retorno do investimento de um motor elétrico.

Indicadores	Motor Standard (Antigo)	Motor Alto Rendimento (Novo)
Custo unitário (R$/kWh) (Valor médio Fora de Ponta e na Ponta)	0,35	
Horas de operação / ano	2190	
kWh médio consumido	11,21	10,1
Consumo anual (kWh)	24549,9	22119
Redução no consumo de energia elétrica (kWh/ano)	2430,9	
Economia de energia elétrica (%)	9	
Retorno sobre o Investimento (ROI)	12 meses	

Fonte: Elaborada pelo autor.

A troca do motor antigo (Standard) por um motor de alto rendimento proporcionou uma redução de 9,0% no consumo de energia elétrica deste motor e uma economia de R$850,50/ano, obtendo assim, um retorno em 12 meses do investimento aplicado. Além de ganhos como redução na demanda, garantia da eficiência no uso adequado da energia, disseminação do conceito da importância da aplicação de motores de maior eficiência (Alto Rendimento) e comprovando a real viabilidade na aplicação do projeto de eficiência energética em motores elétricos.

8.2 Resumo de Economia Prevista

8.2.1 Economia Prevista Após implantação PEE

A Tabela 8.3 mostra o resumo de economia obtida após o estudo para implantação do projeto de eficiência energética.

- Energia a ser economizada pela troca das luminárias e lâmpadas.
- Energia a ser economizada pela modernização dos equipamentos de ar condicionado.
- Energia a ser economizada pela troca dos motores convencionais, por motores de alto rendimento.
- Energia total a ser economizada pela implantação do PEE.
- Economia em R$ pela troca das luminárias e lâmpadas.
- Economia em R$ pela modernização dos equipamentos de ar condicionado.
- Economia em R$ pela troca dos motores convencionais, por motores de alto rendimento.
- Economia total em R$ a ser economizada após implantação do PEE.

Tabela 8.3 - Resumo da economia prevista.

Resumo de economia anual		
	Energia kW/h	Economia R$
Iluminação	82.412,4	28.844,34
Ar condicionado	259.459,2	90.810,72
Motores	7.290,0	2.551,50
Total	349.161,6	122.206,56

Fonte:Elaborada pelo autor.

O estudo mostra uma boa oportunidade de se economizar e energia elétrica. E partindo do princípio que os equipamentos estão em más condições, pois são muito antigos e não tiveram nenhuma modernização nos últimos 25 anos, principalmente os equipamentos de ar condicionado, considera-se um bom investimento para a implantação de PEE.

9 Conclusão

A presente monografia mostrou um problema relevante após estudo. Um problema na instalação do sistema de ar condicionado, em que o mesmo encontra-se subdimensionado. O sistema de ar condicionado requer um equipamento com capacidade de 180 TR. Hoje se encontram instalados 2 Chillers, cada um com de 110 TR de capacidade térmica. Porém, em operação, encontra-se o equivalente a 110 TR apenas.

A carga térmica avaliada para este edifício é de 180 TR. Diante deste problema, constatou-se uma situação em que se esta economizando um Chiller de 110 TR e, o sistema não atende a demanda necessária. Sendo que o sistema proposto requer 2 Chillers de 110 TR cada, o sistema existente economiza energia, pois não atende 100% da demanda térmica para um conforto ideal.

O investimento apurado do sistema de ar condicionado será de R$232.000,00 com retorno do capital em 2,5 anos. Conclui-se que é um bom investimento devido às condições dos Chillers existentes, pois, conforme observado durante a visita técnica, os mesmos se encontram em más condições. Segundo informações dos próprios gestores, os Chillers estão no limite de operação.

No sistema de iluminação foi encontrada uma grande oportunidade de economia de energia elétrica e também para o melhoramento do ambiente e bem estar das pessoas. Existem ambientes que, com o sistema de iluminação proposto, os índices de luminosidade serão melhorados, conforme normas. O investimento no sistema de iluminação será de R$240.865,10 com um retorno do capital em 8,3 anos.

A troca dos motores antigos (Standard) por motores de alto rendimento proporcionou uma redução de 9,0% no consumo de energia elétrica e uma economia de R$2.551,5/ano, obtendo assim, um retorno em 12 meses do investimento aplicado.

Para que o investimento no projeto seja atraente para o proprietário, este deverá participar de algum programa de incentivo do governo. O resultado obtido com o estudo mostraram pontos importantes onde pode se economizar energia elétrica, trazendo benefícios financeiros para as organizações, ao Sistema Elétrico Brasileiro e, sem dúvida, ao meio ambiente. Conclui-se, então, que os Projetos de Eficiência Energética são muito importantes para se economizar energia elétrica.

Referências Bibliográficas

[1] ROCHA, G. **Monografia Introdução para Elaboração**. Inmetro/Seeduc-RJ/CECO

[2] MARQUES, MILTON CÉSAR SILVA. **Eficiência Energética Teoria e Prática**. 1ª Edição. Itajubá, Minas Gerais, Fupai, 2007[et. al].

[3] VASCONCELO, LUIZ E. M. **Energia Solar.** Eletrobrás Procel e Parceiros. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2012.

[4] NISKIER, J. CINTYRE, A. J. Instalações elétricas. 5ª Edição. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: LTC, 2011.

[5] **OSRAM,** *Manual Luminotécnico Prático*, Osasco, SP, Brasil, 2008. Disponível em: <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/ManualOsram.pdf>. Acesso em 20 fev. 2014.

[6] **ITAIM ILUMINAÇÃO,** *Software SoftLux 2.2*, Embu, SP, Brasil, 2013. Disponível em: <http://www.itaimiluminação.com.br>. Acesso em 20 Dez. 2013.

[7] **PORTAL CELESP**, Pesquisa sobre eficiência energética. Disponível em: <http://portal.celesc.com.br/portal/grandesclientes/index.php?option=com_content&task=viw&id=128&Itemid=220>. Acesso em: 02 fev. 2014

[8] **PORTAL CELESC**, Pesquisa sobre Eficiência Energética e projetos. Disponível em: <http://portal.celesc.com.br/portal/grandesclientes/index.php?option=com_content&task=view&id=129&Itemid=167>. Acesso em: 02 Fev. 2104

[9] **EPE** , Nota técnica DEA 16/12: Avaliação da Eficiência Energética para os próximos 10 anos (2012-2021). Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2012. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/20121221_1.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2013.

[10] MARQUES, M. C. S., HADDAD, J., GUARDIA, E. C., *et al.*, *Eficiência energética: teoria e prática*, Itajubá, MG, Brasil: FUPAI, 2007.

[11] CORTEZ MARCO, B. L. P., Fatores de influencia na eficiência energética. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10010700.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2014.

[12] **PHILIPS.** Pesquisa sobre lâmpadas. Disponível em: <http://www.lighting.philips.com.br/connect/support/faq_lampadas.wpd>. Acesso em 23 Jul. 2014.

[13] **DICIONÁRIO.** Pesquisas de palavras. Disponível em: <http://www.dicio.com.br/intrinsecamente/>. Acesso em 23 Jul. 2014.

[14] **PREZI**. Pesquisa sobre motores de alto rendimento. Disponível em: <http://prezi.com/6h54_1gaeuyo/caracteristicas-dos-motores-de-alto-rendimento/>. Acesso em: 18 Jul. 2014.

[15] **CELP GRUPO NEO ENERGIA**, Pesquisas sobre projetos. Apresenta texto sobre eficiência energética. Disponível em: <http://www.celpe.com.br/Pages/Efici%C3%AAncia%20Energ%C3%A9tica/o-que-e-ef-energetica. aspx>. Acesso em 10 Fev. 2014.

[16] **DRACO,** Informações sobre equipamentos para economizar água. Disponível em: <http://www.dracoeletronica.com.br/links.htm>. Acesso em 20 Jul. 2014.

[17] **HITACHI**, Pesquisa sobre qual equipamento seria melhor opção. Disponível em: <http://www.hitachiapb.com.br/materiais/pdfs/%7BEE36E4C9EE29426EB172C7FF34F1A17B%7D_IHCT1RCUAG010%20Rev03%20Ago2007_WSZ.pdf>. Acesso em: 10 Fev. 2014.

[18] **ANEEL,** Pesquisa sobre Projetos de Eficiência Energética. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=27>. Acesso em 17 fev. 2014.

[19] **WEG**. Pesquisa sobre motores. Disponível em: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-eficiencia-energetica-em-motores-eletricos wmo029-estudo-de-caso-portugues-br.pdf>. Acesso em 17 jul. 2014.

[20] **ENSELI**. Pesquisa sobre motores. Disponível em: <http://www.enselli.com.br/secoes.asp?codigo_departamento=12&codigo_categoria=1https://www.liloredutores.com.br/Motor-Eletrico-Weg-de-12-5cv--1755-RPM--220-380v-Trifasico-com-Flange-FC-200-DIN/prod-31830/>. Acesso em 17 jul. 2014.

[21] **PROCEL**. Plano Nacional de Eficiência Energética: Premissa e Diretrizes Básicas, Brasília, DF, Brasil, 2011. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/PlanoNacEfiEnerg>. Acesso em: 12 jan. 2013.

[22] **BORBA, JULIA.** Especialistas defendem ações imediatas para economizar energia. **O ESTADO DE SÃO PAULO**, São Paulo, 05 jan. 2014. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2014/05/1448088-especialistas-defendem-acao imediata-para-economizar-energia.shtml>. Acesso em: 05 jan. 2014.

[23] **CRUZ, VALDO.** Governo erra em estimativa de geração de hidrelétrica. **O ESTADO DE SÃO PAULO**, Brasília, 03 mai. 2014. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2014/05/1448926-governo-erra-em-estimativa-de-geracao-hidreletrica-diz-ex-consultor-de-dilma.shtml>. Acesso em: 03 mai. 2014.

[24] **ROSATI, CESAR,** Crise da água. **O ESTADO DE SÃO PAULO**, São Paulo, 28 abr. 2014. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2014/04/1446520-nivel-do-cantareira-bate-novo-recorde-e-atinge-11-em-sp.shtml>. Acesso em: 28 abr. 2014.

[25] **GLOBO.COM**, São Paulo, 06 mai. 2014. Disponível em: <http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2014/05/racionamento-de-agua-existe-e-falta-sinceridade-ao-governo-diz-padilha.html>. Acesso em: 06 mai. 2014.

[26] Sudan, Robinson. **ACR instalações de Ar condicionado.** Disponível em: <robson@acrinstalacoes.com.br>

[27] **WIKIPÉDIA,** informações sobre o apagão de 2002. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Crise_do_apag%C3%A3o>. Acesso em: 21 jul. 2014.

[28] **PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA**, Informações sobre a lei 9.991 obrigando as concessionárias a investir em eficiência energética. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9991.htm>. Acesso em: 21 Jul. 2014.

[29] **COELBA**, Informações sobre programas de eficiência energética. Disponível em: <http://www.coelba.com.br/Documents/novoled.pdf>. Acesso em 23 Jul. 2014.

[30] **PROCEL**, Informações sobre Programa Nacional de Conservação de Energia. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS09BD1853PTBRIE.htm> Acesso em: 24 Jul. 2014.

[31] **ELETRICLED SOLUTIONS**, Pesquisa sobre Iluminação. Disponível em: <http://electricledsolutions.pt/sobre-os-led/>. Acesso em 27 Jul.2015.

[32] **WIKIMEDIA COMMONS,** Cor e comprimento de onda. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Comprimento_de_onda>. Acesso em 02 Ago. 2104.

[33] **ADIAS AR CONDICIONADO**, Conceitos sobre ciclo de refrigeração. Disponível em: <http://www.adias.com.br/funcionamento_do_ar>. Acesso em 12 Ago. 2014.