

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
ENGENHARIA ELÉTRICA
FELIPE REZENDE DE SOUZA

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA INDUSTRIAL – VIABILIDADE TÉCNICA
ECONÔMICA E SUBSTITUIÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS**

Varginha
2018

FELIPE REZENDE DE SOUZA

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA INDUSTRIAL – VIABILIDADE TÉCNICA
ECONÔMICA E SUBSTITUIÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel sob orientação do Prof. Adilson Amaro da Silva e Coorientação do Eng.º Igor Evandro Nogueira de Oliveira.

**Varginha
2018**

FELIPE REZENDE DE SOUZA


EFICIÊNCIA ENERGÉTICA INDUSTRIAL – VIABILIDADE TÉCNICA
ECONÔMICA E SUBSTITUIÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela banca examinadora composta pelos membros:

Aprovado em: 29/11/2018



Prof. Adilson Amaro da Silva



Prof. Josué Aquino



Prof. Roberto Mudesto

OBS:

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me guiar, iluminar e me dar toda sabedoria. A minha família, principalmente meus pais (José Afonso e Dircelene) por todo empenho, desgaste, paciência e estímulo para que o sonho de me graduar Engenheiro Eletricista se tornasse real, sem o total apoio e dedicação deles nada disso seria possível. Aos meus amigos pela força dada, conselhos e por estarem sempre ao meu lado e a todos os professores do Grupo UNIS-MG, em especial ao meu orientador Adilson Amaro da Silva e o engenheiro Igor Evandro Nogueira de Oliveira, que contribuíram para minha formação acadêmica, orientando e dando conselhos para que eu me transformasse em um aluno e profissional mais dedicado.

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais
volta ao seu tamanho original.”

Albert Einstein

RESUMO

O trabalho propõe avaliar de forma sistemática os parâmetros de engenharia referente à Eficiência Energética nas indústrias. Este conceito está associado à sustentabilidade e ao fato de haver uma necessidade de mudar nosso comportamento em vista às questões sociais econômicas e ambientais, já que os recursos naturais são limitados e as necessidades humanas tendendo a serem ilimitadas, sejam pelo aumento de população, busca de melhores padrões de conforto e o aumento de demanda de energia nas indústrias, logo se pode chegar num ponto crítico em breve, pois os ecossistemas estão degradados em busca de novas fontes de energia para suprir necessidades da sociedade. Com esta visão, sócio econômico e ambiental, empresas estão buscando uma melhor eficiência no seu processo produtivo, substituindo máquinas ultrapassadas que requerem um grande consumo de energia, por máquinas que dão uma melhor resposta. Como consequência desse modo de gestão, empresas estão diminuindo os custos a serem pagos para concessionárias de energia contratada. Depois de efetuada pesquisa bibliográfica e estudo de caso, aplicou-se a parametrização indicando os níveis atuais de eficiência energética, e ressaltando as possíveis melhorias no local em relação à redução no consumo e economia financeira. O local escolhido para implantação é a empresa Cooper Standard Automotive, localizada em Varginha, Minas Gerais. Após realizar a avaliação atual do nível de eficiência energética, buscou-se alternativas que maximizassem este processo. Assim, o sistema proposto reduz o consumo total de energia e água, realizado através de substituição de equipamentos. O equipamento antigo Chiller tem uma participação de 15,79% de toda energia consumida pela empresa durante o mês. Com as melhorias propostas, troca dos Chillers antigos por outros mais modernos, essa porcentagem de participação é reduzida para 8,28%, considerado uma diferença significativa e um nível excelente em termos de eficiência.

Palavras-chave: Eficiência Energética. Sustentabilidade. Indústria. Máquinas.

ABSTRACT

The paper proposes to systematically evaluate the engineering parameters related to Energy Efficiency in the industries. This concept is associated with sustainability and the fact that there is a need to change our behavior in view of economic and environmental social issues, since natural resources are limited and human needs tend to be unlimited, whether by population increase, better standards of comfort and increased energy demand in industries, we can soon reach a critical point soon as ecosystems are degraded in search of new energy sources to meet the needs of society. With this vision, economic and environmental partner, companies are seeking a better efficiency in their production process, replacing outdated machines that require a large energy consumption, for machines that give a better response. As a consequence of this management mode, companies are reducing the costs to be paid to contracted energy concessionaires. After a bibliographic research and case study, the parameterization was applied indicating the current levels of energy efficiency, and highlighting the possible improvements in the place in relation to the reduction in consumption and financial savings. The place chosen for deployment is Cooper Standard Automotive, located in Varginha, Minas Gerais. After carrying out the current assessment of the level of energy efficiency, we looked for alternatives that would maximize this process. Thus, the proposed system reduces the total energy and water consumption, through equipment replacement. The old Chiller equipment has a 15.79% share of all the energy consumed by the company during the month. With the proposed improvements, exchange of old Chillers with more modern ones, this percentage of participation is reduced to 8.28%, considered a significant difference and an excellent level in efficiency.

Keywords: *Energy Efficiency. Sustainability. Industry. Machines.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Selo PROCEEL.....	26
Figura 2 – Selo PROCEL de economia de energia	28
Figura 3 – Motor elétrico industrial	35
Figura 4 – Informativo CEMIG: Projeto CEMIG troca seu motor.	36
Figura 5 – Modificação de um motor de alto rendimento.	38
Figura 6 – Sistema de refrigeração por compressão.....	41
Figura 7 – Chiller modelo antigo.....	43
Figura 8 – Chiller a ar.....	43
Figura 9 – Sistema de funcionamento do Chiller	44
Figura 10 – Sistema reservatório e bomba.....	45
Figura 11 – Torre de resfriamento.....	46
Figura 12 – Vista aérea da planta da fábrica - Varginha.....	51
Figura 13 – Motores/bombas de circulação de água dos Chillers.....	54
Figura 14 – Chiller RTHC 300TR.....	55
Figura 15 – Chiller RTHC 215TR.....	56
Figura 16 – Estrutura de sustentação da torre do Chiller.....	57
Figura 17 – Novo <i>lay out</i> da estrutura de sustentação.....	59
Figura 18 – Placa motor WEG.....	62

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Matriz elétrica brasileira.....	19
Gráfico 2 – Matriz elétrica mundial	19
Gráfico 3 – Ranking de energia mais cara do mundo	20
Gráfico 4 – Consumo de energia elétrica no Brasil.....	21
Gráfico 5 – Custo de energia conservada por setor	31
Gráfico 6 – Consumo comparativo potência da empresa em relação ao sistema antigo.....	64
Gráfico 7 – Consumo comparativo potência da empresa em relação ao sistema novo.....	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparativo entre mercado regulado e livre	23
Quadro 2 – Categoria de equipamento e seu início de concessão	27
Quadro 3 – Dados do local de estudo	50
Quadro 4 – Características de fornecimento.....	51
Quadro 5 – Dados torre de resfriamento	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Índice de avaliação por segmento.....	32
Tabela 2 – Comparação de motores standard e de alto rendimento.	37
Tabela 3 – Histórico de consumo e demanda.	52
Tabela 4 – Quantitativo total e individual das potências do sistema antigo.....	58
Tabela 5 – Custos adicionais do sistema antigo.	58
Tabela 6 – Dados do Chiller Mercalor	60
Tabela 7 – Quantitativo total e individual das potências do sistema novo.....	63
Tabela 8 – Custos adicionais do sistema novo.	63
Tabela 9 – Custos mensais de cada equipamento do sistema antigo.....	66
Tabela 10 – Custos mensais de cada equipamento do sistema novo.....	66

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Cálculo energia elétrica	18
Equação 2 – Cálculo do valor a ser pago a concessionária	22
Equação 3 – Cálculo do rendimento de um motor	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRACE – Associação Brasileira de Grandes Consumidores Industriais de Energia e de Consumidores Livres

ABRACEEL - Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia

AC – *Alternate Current* (Corrente Alternada)

ACL – Ambiente de Contratação Livre (Mercado Livre)

ACR – Ambiente de Contratação Regulada (Mercado Regulado)

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

ANP – Agência Nacional do Petróleo

BEN – Balanço Energético Nacional

CEC – Custo da Energia Conservada

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais S.A.

CGIEE – Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética

DC – *Direct Current* (Corrente Contínua)

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

FIRJAN – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

MME – Ministério de Minas e Energia

PEE – Programa de Eficiência Energética

PNEf – Plano Nacional de Eficiência Energética

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

TR – Toneladas de refrigeração

KW – Quilowatt

KWh – Quilowatt-hora

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	ENERGIA	18
2.1	Energia elétrica	18
2.2	Redução da energia elétrica	21
2.3	Cálculo do valor cobrado da energia elétrica consumida	22
2.4	Mercado livre de energia elétrica	22
3	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	24
3.1	Programa Nacional De Conversação De Energia - PROCEL	25
3.2	Eficiência energética industrial	28
3.3	Barreira para eficiência energética	32
4	MOTORES	34
4.1	Motor elétrico	34
4.1.1	Projeto CEMIG troca seu motor	35
4.2	Motores Standard e de Alto Rendimento	37
5	SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO	40
5.1	Principais sistemas de refrigeração	40
5.1.1	Refrigeração por compressão	40
5.1.2	Refrigeração por absorção	41
5.1.3	Refrigeração termoeétrica	42
5.2	Chiller	42
5.2.1	Funcionamento do Chiller novo	44
5.3	Torre de resfriamento	45
6	METODOLOGIA	47
6.1	Levantamento dos dados	47
6.2	Diagnóstico inicial	47
6.3	Diagnóstico final	48
7	ESTUDO DE CASO	49
7.1	Levantamento de dados e característica do local	49
7.2	Diagnóstico inicial – sistema antigo	52
7.2.1	Torre de resfriamento instalada	52
7.2.2	Motores/bombas do sistema antigo	53
7.2.3	Chiller antigo	55
7.2.4	Estrutura metálica de sustentação do Chiller	57
7.2.5	Dados de todo sistema antigo	58
7.3	Sistema novo	58
7.3.1	Estrutura de sustentação	59
7.3.2	Chiller novo	59
7.3.3	Motores/bombas do sistema novo	61
7.3.4	Dados de todo sistema novo	62
8	RESULTADOS E DISCUSSÕES	64

9 CONCLUSÃO.....	68
REFERÊNCIAS	69
APÊNDICE A – Conta referente ao mês de maio/2017	72

1 INTRODUÇÃO

No decorrer das décadas pode-se perceber que o uso da energia elétrica foi primordial para o crescimento de diversos setores. Esse período foi marcado pelo constante uso de energia elétrica provocada pelo surto de desenvolvimento que se deu juntamente com uma falta de recursos para investimentos estruturais, o que colaborou para inúmeras alterações climáticas. A questão é que o modelo tradicional de desenvolvimento focava no aumento de oferta de energia para sustentar o crescimento da economia, fator que elevava os custos de produção, além de provocar um aproveitamento inadequado dos equipamentos, bem como, uma diminuição da vida útil dos mesmos. Equipamentos e hábitos de consumo passaram a ser analisados em termos da conservação da energia tendo sido demonstrado que, de fato, muitas iniciativas que resultam em maior eficiência energética são economicamente viáveis.

Na área industrial, a efficientização energética pode trazer significativa redução de custos, bem como aumento no rendimento energético de equipamentos e instalações, com a consequente melhoria da qualidade dos produtos fabricados.

Segundo (Drucker, 2016), a aplicação de efficientização energética em diversos setores de nossa sociedade é uma prática que deve ser considerada essencial nos dias atuais.

Mais recentemente, a busca pela eficiência energética ganhou nova motivação. Em adição à perspectiva de custos mais elevados da energia de origem fóssil, a preocupação com a questão das mudanças climáticas decorrentes do aquecimento global do planeta, aquecimento este atribuído, em grande medida, à produção e ao consumo de energia, trouxe argumentos novos e definitivos que justificam destacar a eficiência energética quando se analisa em perspectiva a oferta e o consumo de energia.

Segundo o Ministério das Minas e Energia (MME) por meio do Balanço Energético Nacional – BEN (BRASIL, 2016) estima-se perdas em consumo total de eletricidade em torno de 15,1%, valor considerado alto pelas proporções de produção do Brasil.

O termo eficiência energética se tornou notório para aplicações em equipamentos elétricos, porém atualmente as indústrias vêm ganhando importantes pesquisas nesta área, buscando aliar melhoria dos equipamentos, processo produtivo e redução no consumo de energia elétrica, ou seja, busca-se o máximo desempenho dos usos finais de uma indústria, com o mínimo consumo de energia.

Mediante a isso, o presente trabalho se propõe a apresentar os procedimentos referentes aos processos de efficientização energética em indústrias, com foco na substituição de máquinas e equipamentos, seguindo as diretrizes governamentais e pautadas na legislação

vigente. Para essa análise será feita uma revisão bibliográfica e a produção de conhecimento através da pesquisa para melhor abordagem e entendimento dos temas. Trata-se de investigar, levantar dados e compara-los economicamente, realizar diagnósticos, sistematizar estes dados visando apresentação de um projeto de eficiência visando o aumento da efficientização com redução de custos.

O escopo deste trabalho está inicialmente dividido em 7 capítulos. O Capítulo 1 retoma a introdução do tema e do trabalho a ser realizado. O Capítulo 2 faz uma abordagem sobre energia, onde é citada fórmula para o cálculo da mesma e informações sobre o mercado livre de energia elétrica. O capítulo 3 apresenta a literatura sobre eficiência energética, barreiras existentes, aprofundamento na eficiência energética industrial e o conceito aplicado às legislações e órgãos brasileiros, em especial o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL). O Capítulo 4 fala dos motores, que são os equipamentos com maior parte do consumo de energia das indústrias. O Capítulo 5 aborda os principais sistemas de refrigeração voltados para o processo industrial. No Capítulo 6, é apresentada a metodologia a ser aplicada no diagnóstico. O Capítulo 7 demonstra o estudo de caso, avaliando os parâmetros do sistema atual e proposto. O Capítulo 8 apresenta os resultados e discussões. O capítulo 9, por sua vez, apresenta a conclusão. Os apêndices estão presentes para complementar os dados apresentados neste trabalho.

2 ENERGIA

A energia constitui o substrato básico do universo e de todos os processos de transformação, propagação e interação que nele ocorrem. De acordo com a empresa ELETROPAULO energia é a propriedade de um sistema que permite realizar trabalho. De modo que pode ser obtido de várias formas: potencial, mecânica elétrica, etc, e essas formas podem ser transformadas umas nas outras (ELETROPAULO, 2015).

Segundo James Clerk Maxwell “energia é aquilo que permite uma mudança na configuração de um sistema, em oposição a uma força que resiste à esta mudança”. (MOREIRA, 1983).

O conceito de energia está relacionado com a capacidade de por em movimento ou transformar algo. No âmbito econômico e tecnológico, a energia refere-se a um recurso natural e aos elementos associados que permitem fazer um uso industrial do mesmo (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2015).

2.1 Energia elétrica

Os avanços tecnológicos mostraram-se de grande importância para a sociedade moderna. Graças à energia elétrica equipamentos como, motores, aquecedores, computadores e diversos outros, podem ser utilizados.

Dentre todas as formas de energia existente a elétrica é a principal fonte de energia do mundo, produzida a partir do potencial elétrico de dois pontos de um condutor. A descoberta das cargas elétricas por Tales de Mileto, na Grécia antiga, foi fundamental para a evolução tecnológica dos tempos modernos (CREDER, 2010).

Para calcular a energia elétrica em kWh, usamos a equação 1:

$$E = \frac{P \times \Delta t}{1000} \quad (1)$$

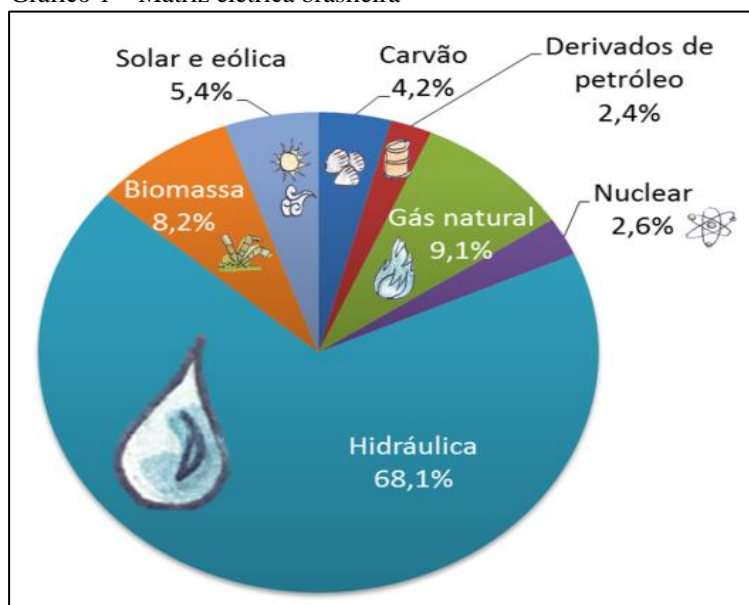
Onde:

- a) E = energia elétrica;
- b) P = potência;
- c) Δt = variação do tempo.

Em grande parte, a energia elétrica é produzida nas usinas hidrelétricas, porém sua

produção é também feita nas usinas eólicas, solares, termoeletricas, nucleares, etc. No Brasil, quase 68,1% da energia é produzida nas Usinas Hidrelétricas, como mostra o gráfico 1, sendo que a maior Usina Hidrelétrica do Brasil é a Usina de Itaipu, localizada no Rio Paraná na fronteira entre o Brasil e Paraguai (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2016).

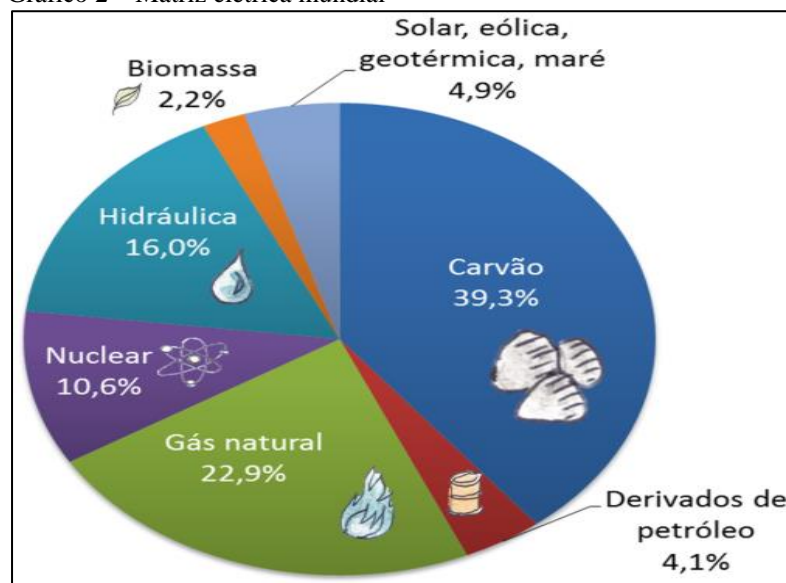
Gráfico 1 – Matriz elétrica brasileira



Fonte: (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2016).

Já a geração de energia no mundo é baseada, principalmente, em combustíveis fósseis, de acordo com o gráfico 2:

Gráfico 2 – Matriz elétrica mundial



Fonte: (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2016).

A matriz energética do Brasil é muito diferente da mundial. Por aqui, apesar do consumo de energia de fontes não renováveis ser maior do que o renováveis, usamos mais fontes renováveis que no resto do mundo, totalizando 41,1% desses recursos naturais, que equivalem a quase metade da nossa matriz energética (EPE, 2016).

A energia elétrica brasileira, segundo levantamento da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN) é umas das mais caras dentre os países do mundo, chegando a ocupar a 6ª posição geral do ranking. Informação indicada conforme o gráfico 3.

Gráfico 3 – Ranking de energia mais cara do mundo

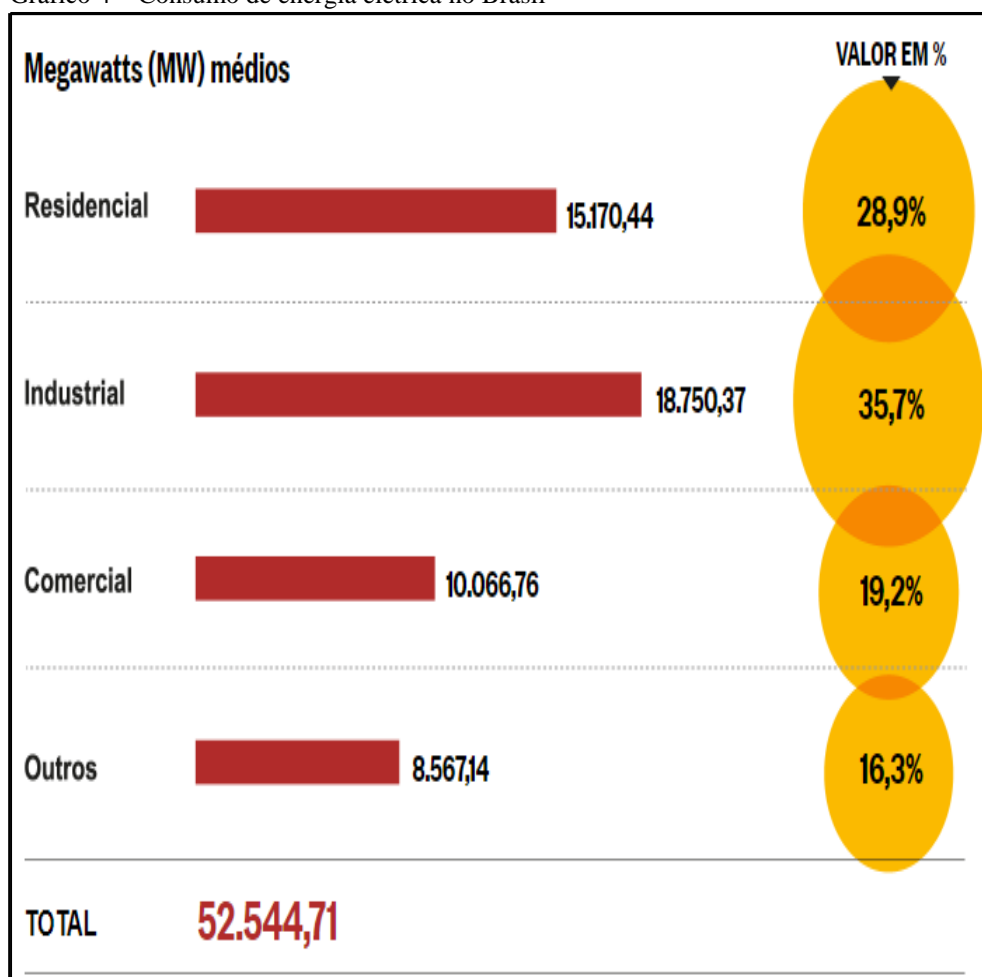


Fonte: (FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2016).

2.2 Redução da energia elétrica

Uma parte considerável dos custos de produção em uma indústria é proveniente do consumo de energia elétrica, chegando a atingir 35,7% do total produzido, conforme dados do gráfico 4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GRANDES CONSUMIDORES INDUSTRIAIS DE ENERGIA E DE CONSUMIDORES LIVRES, 2017).

Gráfico 4 – Consumo de energia elétrica no Brasil



Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GRANDES CONSUMIDORES INDUSTRIAIS DE ENERGIA E DE CONSUMIDORES LIVRES, 2017).

O gráfico acima mostra que o custo desse insumo no Brasil é de R\$ 402,26 por MW/h. O valor é superior à média internacional, de R\$ 275,74 MW/h (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GRANDES CONSUMIDORES INDUSTRIAIS DE ENERGIA E DE CONSUMIDORES LIVRES, 2017).

O uso adequado e eficiente dessa energia deve se fazer presente no planejamento das indústrias. Muito tem sido abordado sobre os programas de eficiência energética, mas, no

entanto, pouco se conhece sobre como tais programas podem reduzir os custos e melhorar a produtividade de uma indústria. Além de redução dos custos de operação, um programa de conservação de energia possibilita que a indústria tenha uma atitude responsável e econômica no processo de produção. Algo desejável na sociedade contemporânea (PROCEL, 2007).

2.3 Cálculo do valor cobrado da energia elétrica consumida

Todo mês é feita a leitura do medidor de energia para saber qual o consumo em kWh. O consumo mensal é calculado pela diferença entre a leitura do mês atual e a leitura do mês anterior.

O valor cobrado pelo consumo mensal é calculado multiplicando o valor do consumo no mês pelo valor da tarifa de energia com impostos, que varia para cada estado.

O valor do consumo é calculado somando as potências de todos os equipamentos em kW pela quantidade de horas por dia que utilizamos durante o período de leitura da concessionária, que varia de 27 a 33 dias (CEMIG, 2017).

Para calcular o valor a ser pago à concessionária, usamos a equação 2:

$$\text{Valor a ser pago} = \frac{-1}{1000} \int_0^t P(t) dt \times \text{tarifa da concessionária} \quad (2)$$

2.4 Mercado livre de energia elétrica

É um segmento do setor elétrico onde as operações de compra e venda de energia elétrica ocorrem por meio de contratos livremente negociados entre as partes, comprador e vendedor. Nesse ambiente o consumidor pode escolher de quem quer comprar a energia.

Existem dois ambientes de contratação de energia elétrica:

- a) ACR – Ambiente de Contratação Regulada (Mercado Regulado);
- b) ACL – Ambiente de Contratação Livre (Mercado Livre).

A contratação no mercado cativo é realizada por meio de contratos de fornecimento entre o consumidor cativo e a concessionária em que se encontra conectado. Já a contratação no mercado livre é realizada por meio de contratos de compra de energia entre o consumidor livre e seu fornecedor, podendo ser um gerador e/ou comercializador de energia (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS COMERCIALIZADORES DE ENERGIA – ABRACEEL, 2017).

O quadro 1 mostra o comparativo dos dois ambientes de energia elétrica.

Quadro 1 – Comparativo entre mercado regulado e livre

	MERCADO REGULADO	MERCADO LIVRE
FORNECEDOR DE ENERGIA	Concessionária	Livre Escolha
CONTRATAÇÃO DA DEMANDA	Concessionária	Concessionária
PREÇO DE ENERGIA	Regulado	Negociado

Fonte: O autor (2018).

A contratação no ACL oferece a sua empresa a oportunidade de redução de custos por meio da compra de energia livremente negociada entre compradores e vendedores.

3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) identifica que a eficiência no uso de energia foi fundamental nessa conjuntura, principalmente a partir da crise do petróleo dos anos 70, época em que entrou na agenda mundial os paradigmas voltados a ações que viabilizassem o desenvolvimento do país diante da crescente demanda energética. Foi quando se verificou que o mesmo serviço poderia ser obtido com menor custo de energia e conseqüentemente com menores impactos ambientais, econômicos, sociais e culturais. Nesse momento foi primordial agir no sentido de conscientizar os gestores a adquirirem projetos em que a eficiência energética fosse priorizada, almejando-se a construção de edificações eficientes no tocante à redução do consumo de energia elétrica e conseqüentemente ter um maior controle das alterações climáticas (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2016).

Segundo Geller (1994) a economia de energia elétrica diminui a necessidade de gastos com o setor público, passando aos fabricantes de equipamentos e aos consumidores os investimentos necessários. Com essa solução, também é reduzido os custos de produção das indústrias, tornando seus preços mais baixos no mercado interno e competitivo no externo.

Desde 17 de outubro de 2001, o Brasil possui um importante instrumento para a aplicação da eficiência energética, a Lei nº 10.295 (BRASIL, 2001), a chamada Lei da Eficiência Energética, cita sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, que visa o desenvolvimento tecnológico, a preservação ambiental e a introdução de produtos mais eficientes no mercado, estabelecendo níveis mínimos de eficiência energética de máquinas e equipamentos consumidores de energia. A partir desta legislação, vários órgãos governamentais foram estruturados, adequando diversos parâmetros energéticos. Através do Decreto nº 4.059/2001, foi instituído o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE), que regulamenta a Lei de Eficiência Energética, estabelece programas de com indicação da evolução dos níveis a serem alcançados por cada equipamento regulamentado e constituir comitês para analisar matérias específicas. Este comitê é presidido pelo Ministério de Minas e Energia, e conta com a participação do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), ANEEL, Agência Nacional do Petróleo (ANP), por um representante da universidade e um cidadão brasileiro.

O poder executivo exerce um papel muito importante para elaboração das regulamentações específicas e dos programas de metas, bem como de planos para a fiscalização e estudos de impacto para o acompanhamento sistemático de todo o processo.

Com isso uma série de atividades e melhorias será desenvolvida, junto à população, dando cada vez mais credibilidade para o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL.

3.1 Programa Nacional De Conservação De Energia Elétrica - PROCEL

Com o objetivo de promover o uso consciente de racionamento de energia foi criado o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, o PROCEL, por meio da Eletrobrás sob coordenação do MME, visando combater o desperdício e tendo como principal símbolo o Selo PROCEL (ELETROBRÁS, 2011).

Foi instituído em 30 de dezembro de 1985 com a finalidade promover o uso eficiente da energia elétrica e combater o seu desperdício. As ações desenvolvidas pelo programa contribuem para o aumento da eficiência dos bens e serviços, aumentando o desenvolvimento de hábitos e conhecimentos do gênero e, além disso, postergar os investimentos no setor elétrico, mitigando, assim, os impactos ambientais e colaborando para um Brasil mais sustentável (PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA, 2017a).

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica promove ações em diversas áreas como (PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA, 2017b):

- a) Equipamentos: identificação através do Selo PROCEL, equipamentos mais desenvolvidos tecnologicamente e eficientes disponíveis no mercado brasileiro;
- b) Edificações: por meio da disponibilidade de recomendações especializadas e simuladores, são feitas promoções do uso eficiente de energia no setor de construção civil, em edificações comerciais, residenciais e públicas;
- c) Iluminação Pública: planejamento e implantação de projetos de substituição dos equipamentos da iluminação pública e sinalização semafórica;
- d) Poder Público: auxiliam no planejamento, ferramentas, treinamentos e implantação de projetos que visam a redução no consumo de energia dos municípios;
- e) Indústria e comércio: focado em desperdício de energia industrial e comercial, com a otimização dos sistemas produtivos, através de treinamento, manuais e ferramentas;
- f) Conhecimento: através de ações educacionais ou divulgação de dicas através de livros e manuais técnicos, informam qualificadamente sobre eficiência energética.

O Selo PROCEL um dos programas desenvolvidos e realizados pelo programa PROCEL, tem finalidade ser uma ferramenta simples que, permitindo ao consumidor conhecer, entre os equipamentos e eletrodomésticos à disposição no mercado, os com maior

nível de eficiência e com menor consumo de energia elétrica. A figura 1 ilustra o Selo PROCEL desenvolvido pela Eletrobrás em parceria com o INMETRO.

Figura 1 – Selo PROCEL



Fonte: (PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2017a).

Instituído por Decreto Presidencial, em 8 de dezembro de 1993, e criado pelo PROCEL, o Selo PROCEL formou parcerias junto ao Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), a agentes como associações de fabricantes, pesquisadores universitários e laboratórios, com o objetivo de estimular tecnologias cada vez mais eficientes em equipamentos colocados no mercado brasileiro.

Os produtos com o Selo PROCEL são testados em laboratórios credenciados, sob a supervisão do INMETRO, isso garante a qualidade do aparelho que você está comprando (PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA, 2017c).

Todas as categorias de equipamentos abrangidos pelo Selo PROCEL, são mostrados no quadro 2, juntamente com sua data de início de concessão, sendo no total 39 categorias de

equipamentos, com 3.640 modelos de 190 fabricantes (PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA, 2016).

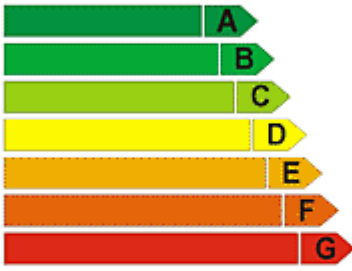









Quadro 2 – Categoria de equipamentos e seu início de concessão

Categoria de Equipamento	Início da Concessão
Bomba Centrífuga	2011
Circulador de ar	2012
Coletor Solar Plano – Aplicação Banho	2000
Coletor Solar Plano – Aplicação Piscina	2000
Condicionador de Ar – Janela	1996
Condicionador de Ar – <i>Split</i> Cassete	2010
Condicionador de Ar – <i>Split Hi-Wall</i>	2004
Condicionador de Ar – <i>Split</i> Piso - Teto	2009
Forno de Micro-ondas	2014
<i>Freezer</i> Horizontal	1998
<i>Freezer</i> Vertical	1995
<i>Freezer</i> Vertical <i>Frost-Free</i>	2003
Lâmpada a Vapor de Sódio	2008
Lâmpada Fluorescente Compacta	2001
Lâmpada LED – Bulbo	2014
Lâmpada LED – Tubular	2014
Máquina de Lavar Roupa – Automática	2006
Máquina de Lavar Roupa – Lava e Seca	2009
Máquina de Lavar Roupa – Semiautomática	2006
Motobomba Centrífuga	2011
Motor de Indução Trifásico	1997
Painel Fotovoltaico de Geração de Energia	2010
Reator Eletromagnético para Lâmpada a Vapor de Sódio	2002
Reator Eletrônico para Lâmpada Fluorescente Tubular	2010
Refrigerador Combinado	1995
Refrigerador Combinado <i>Frost-Free</i>	1998
Refrigerador de 1 Porta	1995
Refrigerador de 1 Porta Compacto	2002
Refrigerador de 1 Porta <i>Frost-Free</i>	2008
Reservatório Térmico	2002
Reservatório Térmico – Alta Pressão	2005
Televisor CRT – Modo de Espera	2007
Televisor LCD – Modo de Espera	2009
Televisor LED – Modo de Espera	2010
Televisor Plasma – Modo de Espera	2009
Ventilador de Coluna	2012
Ventilador de Mesa	2012
Ventilador de Parede	2012
Ventilador de Teto	2008

Fonte: Adaptado de PROCEL (2016).

Juntamente com o Selo PROCEL os equipamentos vem providos de uma etiqueta informativa, pelo qual é fornecido o tipo de equipamento, fabricante, os dados do consumo de energia, a letra do nível de eficiência, dentre outras características, conforme a figura 2.

Figura 2 – Selo PROCEL de economia de energia

Energia (Elétrica)		
Fabricante Marca	REFRIGERADOR	→ Indica o tipo de equipamento
	ABCDEF XYZ(Logo)	→ Indica o nome do fabricante → Indica a marca comercial ou logomarca
Tipo de degelo Modelo/tensão(V)	ABC/Automático IPQR/220	→ Indica o modelo/tensão
Mais eficiente		→ A letra indica a eficiência energética do equipamento / Veja a tabela correspondente na coluna ao lado
		
		
		
		
		
		
Menos eficiente		
CONSUMO DE ENERGIA (kWh/mes) <small>(adotado no teste clima tropical)</small>	XY,Z	→ Indica o consumo de energia, em kWh/mês
Volume do compartimento refrigerado (l)	000	
Volume do compartimento do congelador (l)	000	
Temperatura do congelador (°C)	 -18	
<small>Regulamento Específico Para Uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia Linha de Refrigeradores e Assemeilhados - RESP/001-REF Instruções de instalação e recomendações de uso, leia o Manual do aparelho.</small>		
 PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA 		
IMPORTANTE: A REMOÇÃO DESTA ETIQUETA ANTES DA VENDA ESTÁ EM DESACORDO COM O CÓDIGO DE DEFESA DO CONSUMIDOR		

Fonte: (PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (2017a).

Mediante a estas informações descritas no Selo PROCEL a população pode avaliar e escolher um equipamento mais eficiente, o que acarretará em uma redução do consumo final de energia.

3.2 Eficiência energética industrial

Diante deste quadro que mostra a participação da energia no setor industrial, poderíamos deduzir que a prática da eficiência energética fosse uma ação natural adotada pelos agentes setoriais. No entanto, isso não vem ocorrendo na intensidade desejada e uma ação mais efetiva se faz necessário para, de fato, seja inserida a eficiência energética como um instrumento de competitividade (PROCEL, 2007).

A energia é um fator de custo e não de resultados para a indústria em geral. Mas para a grande indústria, em particular, o peso da energia no custo final do produto produzido é

significativo e pode atingir, em alguns segmentos, até 60% do custo total de produção (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2009).

Tanto o consumo específico na produção quanto o custo da energia em si são fatores de competitividade, ou seja, dentro de parâmetros de economicidade, a indústria brasileira deveria trabalhar em níveis de eficiência energética comparáveis aos internacionais, pois ela também compete neste mercado. Para o país manter elevado o grau de competitividade de sua economia, a eficiência energética deve ser estimulada e incentivada de forma mais incisiva. Neste contexto, a tecnologia tem um papel fundamental, uma vez que ela compõe um dos fatores de competição sem estar livremente disponível. Por outro lado, de forma geral, existe uma aversão a riscos técnicos decorrentes de novas tecnologias que consumam menos energia. Esta aversão, de certa maneira, se estende ao setor financeiro. Poucos agentes bancários trabalham com financiamento de projetos de eficiência energética e as linhas existentes possuem burocracia excessiva no processo de aprovação dos projetos. Agentes financeiros são resistentes a aprovar projetos de eficiência pela dificuldade de entender o trabalho e por ter dúvidas em como mensurar os resultados. Desta maneira, verificou-se que, nos últimos anos, os recursos públicos destinados à eficiência energética foram, em sua maioria, aplicados no setor residencial, comercial e público, com foco na redução do consumo de eletricidade. Das poucas ações de eficiência energética aplicada na indústria, a maioria esteve focada apenas na redução do consumo de eletricidade em sistemas motrizes. De modo geral, para o setor industrial, o investimento na melhoria da eficiência energética concorre com investimento na produção, que traz receitas adicionais às empresas.

Portanto, o quadro atual de eficiência energética na indústria pode ser resumido nas seguintes características:

- a) Energia é custo e não fator de resultado para a indústria;
- b) Energia é fator de competitividade para a indústria;
- c) Investimento em eficiência energética concorre com investimento na produção;
- d) Grande indústria compete em nível internacional: eficiência deve ser estimulada;
- e) A tecnologia é fator de competição, ou seja, não está livremente disponível;
- f) Os empreendimentos em eficiência energética têm dificuldade de acesso às linhas de financiamento;
- g) Necessidade de equipes multidisciplinares para tratar das questões de eficiência energética;
- h) Limitação dos cursos tradicionais de engenharia na formação de profissionais para tratar das questões de eficiência energética;
- i) Limitação de projetos de eficiência destinados para economia de combustíveis e um maior

- foco em projetos de energia elétrica;
- j) Necessidade de definição de indicadores de desempenho energético por setor industrial que reflitam o consumo energético e a produção, incluindo treinamento de pessoal;
 - k) Necessidade de firmar parcerias entre instituições de ensino com especialistas em Eficiência Energética e o sistema CONFEA-CREA com o objetivo de fomento à valorização profissional dos especialistas nessa área, em função de uma fiscalização multiprofissional competente, mais atuante e eficiente;
 - l) Necessidade de definição de um roteiro básico ou check list com o intuito de uma fiscalização mais apurada em Eficiência Energética nas empresas ou empreendimentos, com o objetivo de evitar a informalidade na prestação de serviços nesse setor e conseqüentemente a busca pela valorização e divulgação do profissional especialista em Eficiência Energética.

No Brasil, várias ações têm sido empreendidas para a promoção da eficiência energética na indústria. Podemos destacar o programa PROCEL Indústria que teve como fator motivador a constatação de que Força Motriz consiste no principal uso para energia elétrica no setor. Dentro deste contexto foi concebido o Projeto de Otimização Energética de Sistemas Motrizes, atuando basicamente em duas vertentes: a primeira visa promover ações para aumentar a utilização de motores de alto rendimento pelo mercado; a segunda tem objetivo de minimizar as perdas nos sistemas motrizes já instalados, promovendo ações junto às indústrias, de forma a capacitar suas equipes técnicas na otimização desses sistemas. Este projeto tornou-se a base para a estruturação do Programa PROCEL Indústria que prevê a sua atuação por meio das Associações e Federações e prioriza os segmentos mais significativos em termos das oportunidades técnicas de economia de energia (ELETROBRAS; PROCEL, 2009).

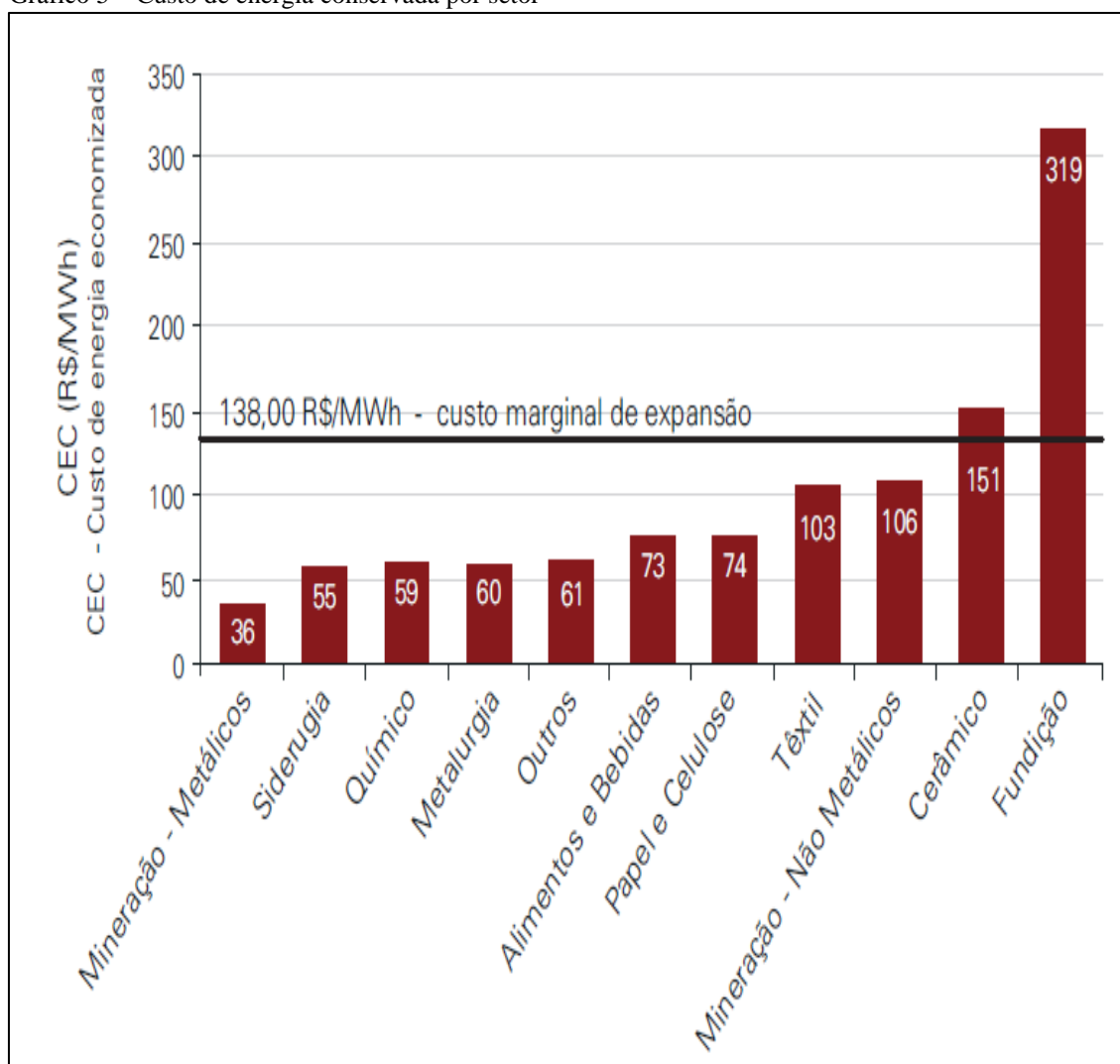
Para conhecer o que já foi feito no Brasil e identificar prioridades de investimentos foram analisados pela ELETROBRÁS 217 projetos de eficiência energética industrial em 13 setores, realizados nos últimos 10 anos. A maioria dos projetos foi desenvolvida dentro das regras do PEE. O montante total investido neste conjunto de projetos foi de R\$ 161 milhões, gerando uma economia de 626 GWh, o que apresenta um Custo da Energia Conservada – CEC de R\$ 79/MWh. (ELETROBRÁS, 2010).

Considerando o valor de R\$ 138/MWh para o custo marginal de expansão do sistema de energia elétrica, valor estimado pela EPE, a eficiência energética é uma alternativa viável. Ou seja, a mesma quantidade de energia pode ser disponibilizada, a preços mais baixos, sem a necessidade de novas obras e com efeitos positivos no meio ambiente (ELETROBRÁS,

2010).

O gráfico 5 apresenta o valor médio da energia conservada, por setor. A constante representa o valor do custo marginal de expansão que é de R\$ 138/MWh. Nota-se que para alguns segmentos o retorno econômico do investimento em eficiência energética é inviável. No entanto, os projetos poderão se tornar viáveis caso o prazo de retorno passe a ser maior do que os 10 anos considerados (ELETROBRÁS, 2010).

Gráfico 5 – Custo de energia conservada por setor



Fonte: (ELETROBRÁS, 2010).

A tabela 1 abaixo apresenta maiores detalhes sobre os projetos estudados. Entre os setores analisados merece destaque o segmento de siderurgia, que desenvolveu grandes projetos de cogeração, apesar de apresentar o custo médio dos projetos mais alto.

Tabela 1 – Índices de avaliação por segmento.

Segmento	Projetos	CEC Anualizado (10 anos, 12%) em R\$/MWh	Custo médio dos projetos em R\$	Energia economizada em MWh/ano
Mineração - Metálicos	6	36	476.111	62.644
Siderurgia	12	55	4.888.238	146.194
Químico	22	59	1.029.730	128.397
Metalurgia	14	60	428.810	30.982
Alimentos e Bebidas	35	73	361.158	40.934
Papel e Celulose	9	74	257.637	12.882
Couro	9	89	123.413	2.487
Têxtil	12	103	325.380	7.090
Mineração - Não Metálicos	5	106	246.648	2.623
Automotivo	9	109	633.365	11.841
Cerâmico	28	151	50.781	1.222
Fundição	12	319	46.657	2.307
Outros	44	61	953.116	176.423

Fonte: Diagnóstico (ELETROBRÁS, 2010).

A análise das soluções técnicas escolhidas para os projetos analisados aponta predominância de projetos para economia de eletricidade. Como exemplo, 19% das ações envolvem troca de motores, 20% envolvem melhorias em sistemas de iluminação e 8% envolvem melhorias em sistemas de ar comprimido. Ações que envolvem otimização de processos térmicos aconteceram com frequência bem menor, apenas 6%, apesar dos resultados expressivos como no caso de cogeração em siderurgia (ELETROBRÁS, 2010).

Esse fato demonstra que existe no Brasil uma tendência em trabalhar a economia dos energéticos “combustíveis e eletricidade” de forma separada.

3.3 Barreira para eficiência energética

- a) Com todos os benefícios que a eficiência energética proporciona, ainda existem algumas barreiras que fazem com esse seguimento ainda não seja desenvolvido de forma mais contundente. Dentre esses, podemos destacar:
- b) Legislação desfavorável a investimentos industriais em energia;
- c) Ausência ou não adequação das linhas de financiamento para ações de eficiência energética;
- d) Racionalização do uso de energia compete com outras prioridades de investimento;
- e) Necessidade de capacitação de pessoal para identificar oportunidades de eficiência

- energética e para fazer a gestão dos projetos que se mostrarem viáveis;
- f) Aversão a riscos técnicos decorrentes de novas tecnologias que consumam menos energia.

4 MOTORES

Motor ou máquina motriz é o dispositivo capaz de transformar qualquer forma de energia em trabalho mecânico. As primeiras tentativas de substituir a força humana por novas fontes de energia mecânica começaram na antiguidade, quando o homem dominou a força de queda de água e, a seguir, utilizou o vento como fonte de trabalho. A roda d'água e o moinho teriam sido, assim, as primeiras máquinas motrizes inventadas. Com a industrialização e a modernização dos meios produtivos, os motores se especializaram, conforme suas funções, e passaram a ser construídos de acordo com diferentes modelos e estruturas (CENTRO DE FORMAÇÃO PROFISSIONAL DE REPARAÇÃO AUTOMÓVEL - CEPRA, 2000).

4.1 Motor elétrico

Do ponto de vista físico e tecnológico, os motores de maior interesse são os motores elétricos, como finalidade de transformar energia elétrica em energia mecânica. Seu fundamento é a força exercida sobre um condutor percorrido por uma corrente elétrica num campo magnético. Os dois componentes básicos dos motores elétricos são o rotor ou parte móvel e o estator ou parte fixa (WEG, 2007).

O uso dos motores elétricos generalizou-se em todos os campos da atividade humana desde que substituíram, na maior parte das aplicações, as máquinas a vapor. Existem motores elétricos de variadas dimensões, desde os minúsculos motores fracionários, que acionam pequenos instrumentos, até gigantes motores de milhares de cavalos de força, como os de grandes locomotivas elétricas (WEG, 2007).

Existem dois grandes grupos de motores elétricos: Motores de corrente contínua (DC) e motores de corrente alternada (AC).

- a) Motores DC: são acionados por uma fonte de corrente contínua e são conhecidos por seu controle preciso de velocidade e por seu ajuste fino;
- b) Motores AC: são aqueles acionados por uma fonte de corrente alternada. Utilizados na maioria das aplicações industriais, podem ser monofásico ou trifásico.

A figura 3 ilustra um motor elétrico utilizado nas indústrias.

Figura 3 – Motor elétrico industrial



Fonte: (WEG, 2007).

Segundo o Ministério de Minas e Energia (MME), os motores são responsáveis pela maior parte do consumo de energia na indústria no Brasil. De toda energia necessária para funcionalidade de uma indústria 68% dessa energia é consumida pela força motriz e 30% por motores elétricos, especialmente em consequência da prática de recondicionamento, que diminui a eficiência energética dos motores (BRASIL, 2014).

No entanto, a redução do consumo de energia pode ser feita em muitos dos equipamentos industriais em operação, com possibilidade de diminuir esse consumo em até 60% (BRASIL, 2014).

4.1.1 Projeto CEMIG troca seu motor

A possibilidade de diminuir o consumo de energia elétrica com motores mais novos suscita campanhas de trocas de equipamentos antigos por mais modernos. Em Minas Gerais, a Companhia de Energia Elétrica de Minas Gerais (Cemig) desenvolveu o Projeto Cemig troca o seu motor, que ofereceu bônus de até 40% para microempreendedores e cooperativas rurais que tinham o interesse de reduzir as contas de energia e renovar o maquinário, além de descartarem corretamente os motores antigos (CEMIG, 2018).

O informativo com o projeto CEMIG troca seu motor é mostrado na figura 4.

Figura 4 – Informativo CEMIG: Projeto CEMIG troca seu motor



CEMIG

PRESS RELEASE

Cemig estende promoção que concede bônus de 40% na troca de motor elétrico

Clientes residenciais e grandes consumidores agora também podem participar do programa, cujas inscrições se encerram em 30 de abril

A Cemig está oferecendo um bônus de até 40% na compra de motores elétricos para grandes, pequenas, médias e micro empresas ou consumidores residenciais que substituírem seu equipamento obsoleto. As propostas para o Programa Cemig Troca Seu Motor devem ser entregues até o dia 30 de abril e cada motor deve ter potência entre 1 e 250 CV e a potência total dos motores substituídos não pode ultrapassar 2.000 CV por cliente. A iniciativa conta com o apoio da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (Emater-MG) e do Sebrae-MG.

Qualquer cliente da Cemig pode participar do projeto e, para receber o bônus, deve realizar o descarte correto dos equipamentos antigos, conforme regulamento do programa. Com o cumprimento dessas etapas, a empresa fará o depósito diretamente aos clientes de até 40% do valor do motor novo.

Desde o ano passado, a Cemig já destinou cerca de R\$ 300 mil em bônus para troca de 41 motores, proporcionando uma economia de energia de 264 megawatts-hora (MWh) por ano, o suficiente para atender o consumo médio de 146 residências.

Atualmente, os motores elétricos são responsáveis pelo consumo de, aproximadamente, 30% do consumo de energia produzida pelo Brasil. Dessa forma, a substituição de motores elétricos antigos possibilitará o aumento de produtividade com menor consumo de energia elétrica.

Para Ronaldo Lucas Queiroz, gerente de Eficiência Energética da Cemig, o objetivo desse programa é incentivar a substituição de motores elétricos antigos, que têm alto consumo energético, por equipamentos mais modernos e eficientes. Além disso, a iniciativa fomenta a cultura da eficiência energética e a preservação do meio ambiente ao promover a redução da demanda por energia.

As inscrições para o Cemig Troca Seu Motor, que faz parte do Programa Energia Inteligente da companhia, se encerram em 30 de abril ou até o esgotamento dos recursos. Para consultar o regulamento e outras informações, acesse o site www.cemigtrocaseumotor.com.br.

Programa Energia Inteligente

Disseminar a cultura do uso consciente e sustentável de energia é uma ação contínua da Cemig. Desde 1998, a empresa já investiu mais de R\$ 600 milhões na implantação de projetos de eficiência energética. Os recursos destinados a essas ações se intensificam a cada ano, sendo que, somente em 2017, foram R\$ 69,3 milhões investidos.

O Programa Energia Inteligente da Cemig se baseia no incentivo à mudança de hábitos, resultando na redução e eliminação do desperdício como forma de bom uso e preservação dos recursos naturais. Os projetos do programa são voltados para clientes de baixa renda, entidades sem fins lucrativos, prefeituras, hospitais, iniciativa privada e para a área de educação. Entre outras ações, merecem destaque a substituição de chuveiros elétricos por sistemas de aquecimento solar, substituição de lâmpadas ineficientes e autoclaves antigas com alto consumo de energia por mais modernas e mais eficientes.

26.02.2018 | Classificação: Público

Fonte: (COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS S.A., 2018).

Os equipamentos mais antigos possuem desgastes mecânicos e elétricos adquiridos com o passar do tempo, isso acarreta em perda do fator de serviço, que nada mais é que a potência que o motor entrega. Usualmente, o fator de serviço de um motor novo é 25% maior do que o antigo (WEG, 2007).

4.2 Motores Standard e de Alto Rendimento

Atualmente temos a disposição do mercado o que chamamos de “motores de alto rendimento”, cuja sua eficiência (rendimento) é maior em relação aos motores tradicionais, os chamados motores “motores standard” (AUGUSTO, 2001).

O rendimento é a relação entre a potência mecânica desenvolvida no eixo do motor e a potência elétrica ativa que ele consome da rede de alimentação. A equação 2 traduz esta relação:

$$\eta = \frac{\text{Potência mecânica (KW)}}{\text{Potência consumida (KW)}} \times 100 \quad (3)$$

Os comparativos de rendimento de alguns motores standard e motores de alto rendimento seguem demonstrados na tabela 2 a baixo:

Tabela 2 – Comparação de motores standard e de alto rendimento.

MOTOR STANDARD		MOTOR ALTO RENDIMENTO	
Potência (cv)	Rendimento	Potência (cv)	Rendimento
1	77,50%	1	80,00%
10	88,00%	10	90,00%
50	91,50%	50	93,00%

Fonte: Adaptado de ELETROBRÁS (2016).

Segundo (PEREIRA, 2014), os motores de alto rendimento são oferecidos pela grande maioria dos fabricantes como uma alternativa vantajosa para determinadas aplicações. Eles custam, em geral, mais caro que os motores standard (cerca de 30%), mas por outro lado, devido suas características especiais, a sua utilização pode conduzir a vantagens econômicas importantes que poderão ser notadas ao longo da sua vida útil.

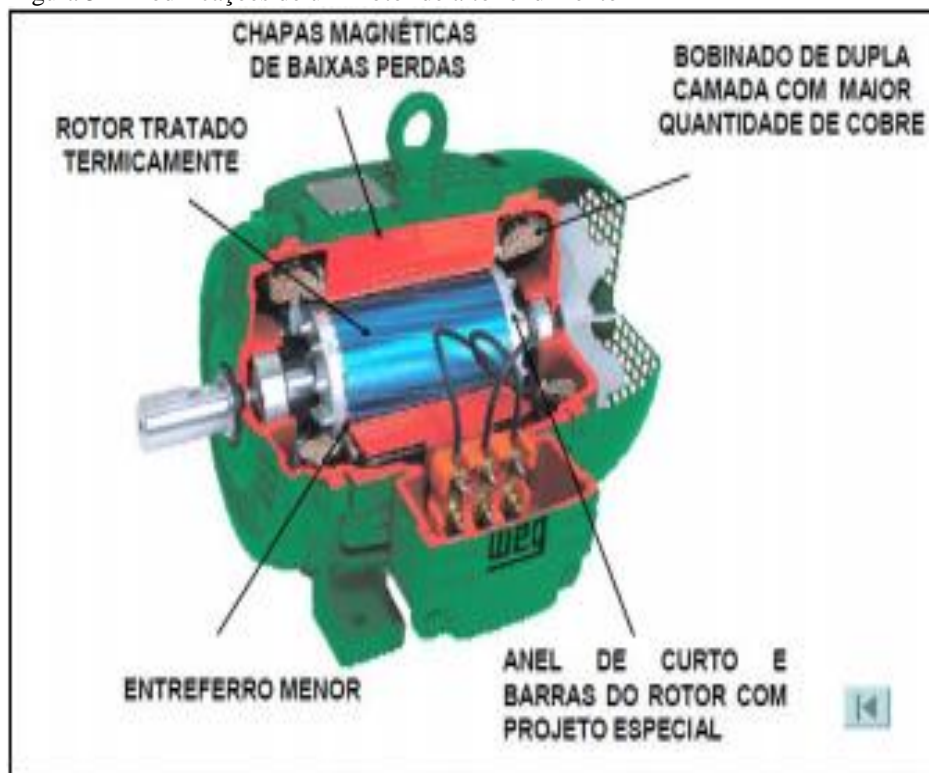
A razão dos motores de Alto Rendimento serem mais caros que aos Standard se da pelo projeto e fabricação do mesmo, utilizando materiais que possibilitam maior rendimento

em seu trabalho. As principais mudanças em relação ao Standard são:

- a) Chapas Magnéticas: as chapas que compõem o rotor e o estator são fabricadas com uma espessura mais fina e possui tratamento térmico para redução de perdas por histerese e por correntes induzidas;
- b) Rolamentos: são empregados rolamentos especiais com menor coeficiente de atrito, o que possibilita uma vida útil maior;
- c) Ventilador: são modificados reduzindo as perdas por ventilação e como consequência se obtém uma maior eficiência;
- d) Enrolamento do Rotor e do Estator: com objetivo de reduzir as perdas por efeito Joule, os enrolamentos de cobre do estator e de alumínio no rotor são constituídos de um volume maior de material;
- e) Dimensões Principais: para um rendimento elevado do motor as ranhuras, diâmetro do rotor, o entreferro e o comprimento axial do motor são especialmente dimensionados;
- f) Tolerância Mecânicas Melhores: utilizando-se ferramentas de maior precisão, diminui-se o desbalanceamento e imperfeições.

A figura 5 ilustra as mudanças melhorias feitas no motor de alto rendimento

Figura 5 – Modificações de um motor de alto rendimento



Fonte: (WEG, 2007).

Como resultado deste processo de otimização, os motores de alto rendimento costumam operar a uma temperatura mais baixa, resultando numa vida útil maior dos mesmos. Além do mais, apresentam uma menor necessidade de manutenção e também um menor nível de ruído devido ao melhor balanceamento e menores tolerâncias de fabricação. Apesar de tudo, estas características variam de fabricante para fabricante, sendo que cada um adota medidas ligeiramente diferentes para elevar o rendimento dos seus motores.

5 SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

Refrigeração segundo Silva (2003) é a ação de resfriar determinado ambiente de forma controlada, processar e conservar produtos ou efetuar climatização para conforto térmico.

Diferente do condicionamento de ar para conforto, que visa ao conforto das pessoas, o condicionamento de ar na indústria tem por objetivo satisfazer as condições requeridas pelo processo.

A utilização de um sistema de refrigeração industrial é indispensável para qualquer setor da indústria. Como consequência, é indispensável o uso da energia elétrica para acionar os equipamentos associados a esse sistema.

5.1 Principais sistemas de refrigeração

Para diminuir a temperatura é necessário retirar energia térmica de determinado corpo ou meio. Através de um ciclo termodinâmico, calor é extraído do ambiente a ser refrigerado e é enviado para o ambiente externo. A refrigeração não destrói o calor, que é uma forma de energia. Ela apenas o move de um lugar não desejado para outro que não faz diferença.

Existem inúmeros ciclos de refrigeração os principais são:

5.1.1 Refrigeração por compressão

É a mais utilizada e também conhecida por Refrigeração por Compressão de Vapor. Nesse caso, a refrigeração acontece através de um fluido que circula por um circuito fechado. Esse ciclo termodinâmico está presente nos refrigeradores e aparelhos de ar condicionado.

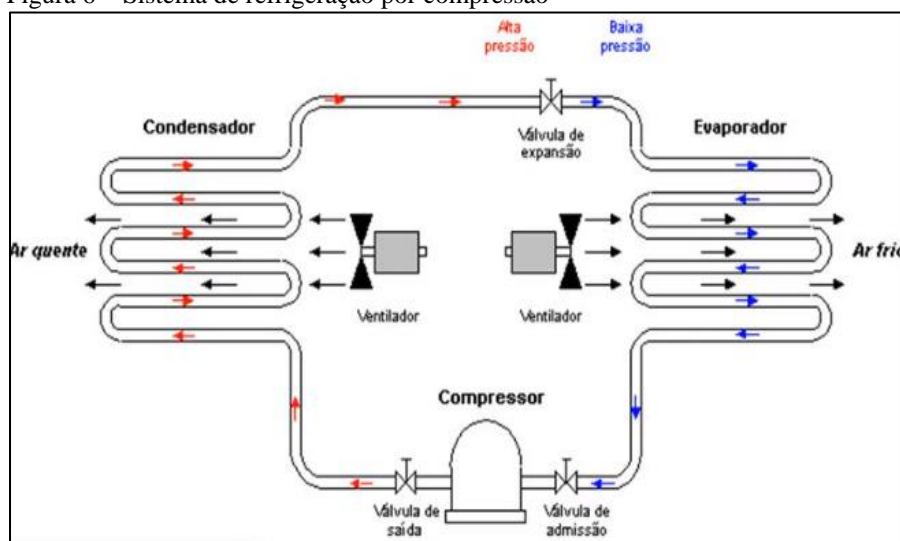
O fluido tem a capacidade de absorver o calor e dissipá-lo para fora do ambiente refrigerado.

Na Refrigeração por Compressão são necessários quatro componentes:

- a) Compressor;
- b) Condensador;
- c) Evaporador;
- d) Válvula de expansão ou regulador.

Os componentes e o sistema de refrigeração são mostrados na figura 6.

Figura 6 – Sistema de refrigeração por compressão



Fonte: (BORGNAKKE, 2009).

O processo de refrigeração por compressão é feito em quatro etapas, são elas:

- a) O líquido passa pela válvula de expansão, sendo submetido a uma queda de pressão brusca e então passa a ter dois estados, líquido e gasoso. A temperatura cai ao valor da temperatura de evaporação do refrigerante;
- b) O refrigerante entra no evaporador e se vaporiza, absorvendo o calor do ambiente a ser refrigerado;
- c) O vapor é succionado pelo compressor, que aumenta sua pressão e temperatura;
- d) O refrigerante segue diretamente ao condensador, onde o calor retirado do ambiente a ser refrigerado é rejeitado para as vizinhanças, causando sua mudança de estado de vapor para líquido.

5.1.2 Refrigeração por absorção

Diferente da anterior, a Refrigeração por Absorção não utiliza energia elétrica, já que não possui compressor. Sua fonte de energia é o calor.

Os componentes do sistema de refrigeração por absorção são: gerador, condensador e absorvente. Além disso, utiliza dois fluídos: o fluído refrigerante e o fluído absorvente.

O fluído refrigerante retira o calor do ambiente através da evaporação e o fluído absorvente, por sua vez, absorve o vapor gerado pelo refrigerante nas temperaturas baixas.

5.1.3 Refrigeração termoelétrica

Nesse caso, são utilizados dois materiais distintos para criar um arrefecimento gradativo. Nesse sistema, também é necessário utilizar energia elétrica.

Esses materiais se encontram duas vezes, sendo uma no ambiente que está refrigerado e a outra no ambiente externo.

Podemos dizer que esse sistema funciona como uma bomba de calor, tanto para resfriar como para esquentar (arrefecimento ou aquecimento).

5.2 Chiller

O Chiller é um equipamento que incorpora em um único gabinete todos os componentes necessários para o fornecimento contínuo, em circuito fechado, de água gelada a uma temperatura controlada com precisão. Isto significa que basta interligar a rede elétrica e hidráulica e o Chiller garantirá o suprimento de água à temperatura ajustada, independentemente das variações de carga térmica do processo. É comum ouvir também o nome de “Geladeira” ou Resfriador de Líquido para designar o Chiller

Os Chillers podem ter várias aplicações em diversas atividades como:

- a) Conformação de plásticos (injeção, sopro, extrusão, etc.);
- b) Processamento de borracha;
- c) Ressonância magnética e radioterapia;
- d) Rotativas gráficas;
- e) Preparação de alimentos industrializados;
- f) Equipamentos analíticos de laboratório;
- g) Aparelhos de corte e gravação a laser;
- h) Ar condicionado de precisão.

O local escolhido para a instalação do equipamento deve ser o mais próximo possível dos pontos de utilização, fixado em uma base rígida e nivelada para evitar possíveis vazamentos de água. Entretanto, do ponto de vista de vazão e perda de pressão, estando à rede de água gelada bem dimensionada, não existem limitações técnicas de distância entre o Chiller e os pontos de utilização (MECALOR, 2018).

A figura 7 ilustra um modelo mais antigo de Chiller refrigerado a água, fabricado pela empresa TRANE no ano de 1996 (TRANE, 2018).

Figura 7 – Chiller modelo antigo



Fonte: (COOPER STANDARD AUTOMOTIVE, 2018).

Com o passar dos anos as empresas evoluíram no seu processo construtivo dos Chillers, criando uma nova linha de produção, os Chillers a ar. A figura 8 trás a imagem de um Chiler a ar.

Figura 8 – Chiller a ar



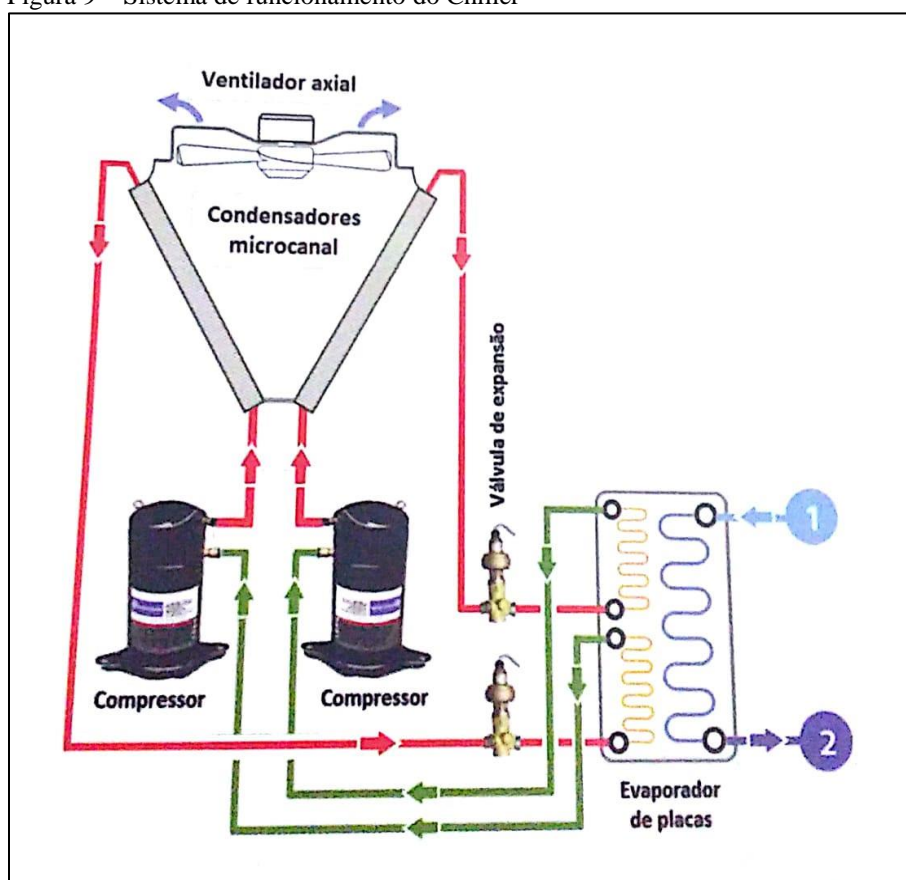
Fonte: (MECALOR, 2018).

O Chiller a ar por ser um equipamento mais moderno não necessita de um componente extremamente importante nos Chillers à água, que são as torres de resfriamento.

5.2.1 Funcionamento do Chiller novo

Os Chillers operam em um ciclo frigorífico. O calor extraído do processo pela água somado a potência dos compressores deve ser transferido ao ambiente por meio de um fluxo de ar, como mostra a figura 9.

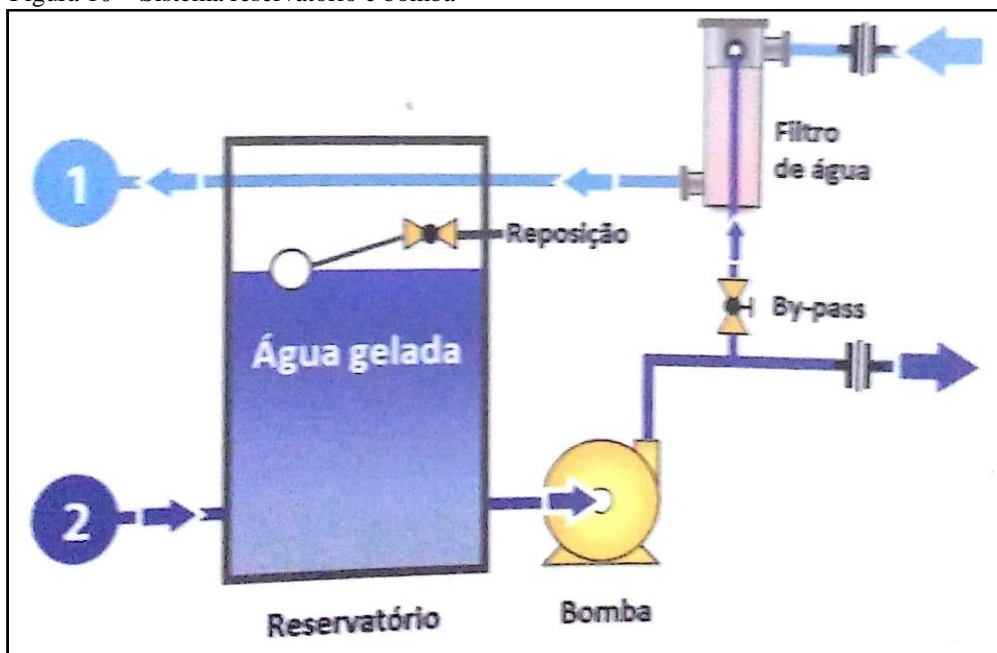
Figura 9 – Sistema de funcionamento do Chiller



Fonte: (MECALOR, 2018).

Outros equipamentos importantes para um perfeito funcionamento do Chiller industrial são o reservatório e bomba de água gelada, que facilitam a instalação. Esse circuito é representado pela figura 10.

Figura 10 – Sistema reservatório e bomba



Fonte: (MECALOR, 2018).

5.3 Torre de resfriamento

Em muitos processos, há necessidade de remover carga térmica de um dado sistema e usa-se, na maioria dos casos, água como o fluido de resfriamento.

Numa torre de resfriamento, a principal contribuição para o resfriamento da água é dada pela evaporação de parte dessa água que recircula na torre. A evaporação da água, transferência de massa da fase líquida (água) para a fase gasosa (ar), causa o abaixamento da temperatura da água que escoam ao longo da torre de resfriamento. Isso ocorre porque a água para evaporar precisa de calor latente, e esse calor é retirado da própria água que escoam ao longo da torre. Vale lembrar que a transferência de massa da água para o ar ocorre porque as duas fases em contato tendem a entrar em equilíbrio. A evaporação de parte da água é responsável por aproximadamente 80% do resfriamento da água. A diferença de temperatura entre o ar e a água é responsável pelos outros 20% do resfriamento (ALFATERM, 2018).

A figura 11 ilustra uma torre de resfriamento instalada na empresa Cooper Standars Automotive.

Figura 11 – Torre de resfriamento



Fonte: (COOPER STANDARD AUTOMOTIVE, 2018).

6 METODOLOGIA

A metodologia aplicada no trabalho se baseia no estudo de caso realizado na empresa Cooper Standard Automotive, localizado na cidade de Varginha, Minas Gerais, tomando como base o referencial teórico citado neste trabalho. Ambas as etapas se completam e atendem todos os usos finais, as demais formas de economia e melhorias tecnológicas e ambientais.

6.1 Levantamento dos dados

Em princípio faz-se a avaliação do consumo da máquina instalada no local, levando-se em conta todos os equipamentos integrados no circuito de funcionamento do mesmo, e dados de consumo dos últimos 6 meses.

Torna-se necessário também o levantamento de informações do local físico, como metragem do espaço, estrutura de sustentação da máquina, modo de acesso aos painéis para as eventuais manutenções e exposição da máquina as variações climáticas decorrente do local. Estes dados serão coletados mediante informações do Projetista e pela Engenharia de Manutenção.

Assim deve-se realizar o diagnóstico inicial, com o levantamento da potência total, modo de alimentação e local da instalação do equipamento.

6.2 Diagnóstico inicial

Após as informações coletadas sobre a potência total instalada do equipamento, avaliam-se os itens relacionados e específicos, identificando qual subestação é retirada a alimentação e se a mesma tem capacidade para uma carga instalada maior. Após isso, busca-se um equipamento com a mesma finalidade do já instalado, porém com uma eficiência energética maior e que apresente melhoria ambiental em relação ao antigo. Tais informações serão apresentadas através de comparação, método atual e o proposto, do consumo total mensal e anual. Assim, verifica-se a possibilidade de substituição por falta de eficiência, melhor tecnologia e redução de energia.

6.3 Diagnóstico final

Após toda análise, se faz necessário à aplicação das medidas propostas, em seus aspectos tecnológico, substituição, manutenção ou mudança no *layout*. Ressalta-se a importância de apresentar dados estatísticos e financeiros afim de comprovar para a diretoria da empresa a veracidade da melhoria proposta. Assim, busca-se determinar a relação custo-benefício, investimento inicial, tempo de retorno (*Payback*).

Com isto busca-se uma maior efficientização de todos os equipamentos inclusos na máquina, com intuito de reduzir o custo mensal e anual de energia elétrica a ser paga á concessionária. Possibilitando assim a expansão desse método de trabalho para todas filiais da empresa.

7 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso ocorreu na empresa Cooper Standard Automotive, situada na cidade de Varginha, sul de Minas Gerais. A metodologia citada acima será descrita neste capítulo, enunciando os dados encontrados.

7.1 Levantamento de dados e característica do local

Com mais de 22.000 mil colaboradores, a empresa Cooper Standard Automotive tem uma fatia de 35% do mercado global em Sealing e Fluids, estando no rank 64º dos 100 principais fornecedores globais. Tendo um total de mais 123 empresas em mais de 19 países; Estados Unidos da América (EUA), Holanda, Alemanha, México, Canada, França, Itália, Polônia, Coreia, Haryana, Bélgica, Índia, Japão, China, Austrália, Reino Unido, República Checa e Brasil (Cooper Standard, 2018).

A empresa, com sede em Novi, Mich. EUA, é líder mundial no fornecimento de sistemas e componentes para a indústria automóvel. Os produtos incluem sistemas anti-vibração de borracha e selagem de plástico, combustível e linhas de freio, mangueiras de transferência de fluidos. No entanto, até o estabelecimento deste potencial de vendas e empregabilidade no mundo, várias mudanças e decisões estratégicas foram sendo tomadas desde sua fundação em 1960 até o momento atual (Cooper Standard, 2018).

A Cooper Standard Automotive designou-se para Varginha em 1994 a instalação de mais uma filial para o processo de fabricação de produtos de vedação e de fluidos. A empresa conta com 14 linhas de extrusão de borracha e 10 de plástico, além da existência de mais 100 células de acabamento. A localização foi escolhida de maneira estratégica pela proximidade com Belo Horizonte, São Paulo e Rio de Janeiro, onde grande parte das montadoras estão localizadas. Responsável pela produção de diversos produtos relacionados ao setor automobilístico, a empresa conta com um pátio de 135.000 m² e é subdividido em duas plantas, sendo a maior a planta *Sealing*, responsável pelo processo de fabricação dos mais variados produtos de vedação de veículos automotores e a planta Fluidos, esta última com a função de fabricar os produtos relativos a fluidos. Atuando em diversos setores da produção automobilística, a empresa desenvolve os seguintes produtos (em negrito os itens produzidos em Varginha): (Cooper Standard, 2018).

a) Vedação;

b) Tubos de combustível;

- c) **Tubos de freio** e Emissões,
- d) Gerenciamento térmico;
- e) Sistemas de anti-vibração.

No quadro 3 são apresentado os dados do local de análise.

Quadro 3 – Dados do local de estudo

Nome ou razão social:	Cooper Standard Automotive
CNPJ:	00.362.831/0001-03
Endereço:	Av. Manuel Vida, 1000 - Imaculada
Cidade / CEP:	Varginha / 37.062 - 460
Estado:	Minas Gerais
Site:	www.cooperstandard.com
Telefone de contato:	(35) 2105 - 4000
Característica lucrativa:	
Ramo de atividade:	Indústria de diversos setores da produção automobilística
Missão	“Top 30 / Top 5:” Nossa missão é nos tornarmos um fornecedor automotivo global “Top 30” em termos de vendas e um fornecedor automotivo global “Top 5” em termos de retorno sobre o capital investido.
Visão	“Gerando valor através da cultura, inovação e resultados. ”
Valores Básicos Cooper	Talento diversificado; cultura total de segurança; integridade; qualidade; parceiro da comunidade; melhoria contínua.

Fonte: O autor (2018).

A empresa ainda possui alguns pilares estratégicos para um melhor desenvolvimento de suas atividades e um ótimo relacionamento com seus clientes e parceiros:

- a) Voz do cliente - Ouvimos atentamente e ajustamos os comentários dos clientes para atender às suas necessidades em evolução;
- b) Produtos superiores - Fornecemos soluções líderes de mercado com qualidade previsível para atender ou exceder as expectativas do cliente;
- c) Operações de Classe Mundial - Usando um conjunto personalizado de melhores práticas de negócios globais, continuaremos a otimizar o desempenho em uma escala global para alcançar o Top 30 / Top 5;
- d) Funcionários engajados - Nossos funcionários estão alinhados à visão e estratégia gerais da Empresa.

A figura 12 mostra a visão aérea de toda fábrica contemplando as duas plantas, Sealing e Fluídos.

Figura 12 – Vista aérea da planta da fábrica – Varginha



Fonte: (COOPER STANDARD AUTOMOTIVE, 2018).

O quadro 4 abaixo informa as características energéticas de fornecimento do local de análise

Quadro 4 – Características de fornecimento

Local:	Cooper Standard Automotive
Concessionária:	Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG
Nº de Instalação:	3009900095
Nº do Cliente:	7000000034
Medidor:	90003845
Nível de Tensão:	Tensão Nominal: 13,8 kV
Modalidade Tarifária:	TUSD Livre A4 Azul

Fonte: O autor (2018).

Os dados apresentados acima foram todos obtidos através da conta de energia elétrica emitida pela distribuidora CEMIG para a empresa em estudo.

A tabela 3 trás o histórico de consumo e demanda durante o período, abril de 2017 até março de 2018, equivalente a um ano.

Tabela 3 – Histórico de consumo e demanda.

Horário de Funcionamento:	Domingo às 22:30 até Sábado às 22:20			
FATURA DE ENERGIA ELÉTRICA				
Mês de Referência:	Demanda (kW)		Energia (kWh)	
	HP	HFP	HP	HFP
Março / 2018	5.170	5.407	296	2.357
Fevereiro / 2018	5.170	5.242	218	1.967
Janeiro / 2018	4.939	5.307	269	2.304
Dezembro / 2017	5.114	5.387	263	2.201
Novembro / 2017	5.136	5.394	280	2.491
Outubro / 2017	5.271	5.432	294	2.432
Setembro / 2017	5.204	5.367	277	2.393
Agosto / 2017	5.100	5.309	316	2.524
Julho / 2017	5.163	5.351	287	2.420
Junho / 2017	5.206	5.546	276	2.265
Mai / 2017	5.475	5.508	319	2.637
Abril / 2017	5.273	5.587	262	2.337

Fonte: O autor (2018).

A empresa Cooper Standard Automotive compra sua demanda energética no mercado livre de energia elétrica, este custo varia de acordo com o contrato afirmado entre as partes envolvidas.

7.2 Diagnóstico inicial – sistema antigo

De acordo com a metodologia, realizou-se o levantamento de carga de todos os equipamentos que incorpora o sistema antigo de refrigeração da água do Chiller e do processo de fabricação, instalado na empresa Cooper Standard Automotive. Vale ressaltar, nesse momento, que o custo que a empresa paga por kWh é de 0,098 reais, ou seja, 9,8 centavos para cada kilowatt consumido durante um mês. Esse sistema é constituído de alguns equipamentos, que juntos são responsáveis por manter a água do processo de fabricação na temperatura correta, sendo previamente divididas em:

7.2.1 Torre de resfriamento instalada

Torre de resfriamento com o peso de 10,5 ton e vazão de reposição de água por perdas

5,48m³/h, localizada sobre a subestação Norte, possui os seguintes dados, conforme mostrado no quadro 5.

Quadro 5 – Dados da torre de resfriamento

Dados		
Empresa: Cooper Standard Automotivo		
Sistema de Resfriamento		
Descrição	Unidade	Torre
Sistema	-	Chiller a água
Marca	-	ALFATERM
Modelo	-	ASP 1400/5/25/14-BGA
Tipo	-	Aberto
Volume estático	(m ³)	14,78
Vazão de recirculação	(m ³ /h)	365
Temperatura de retorno para torre	(°C)	29,5
Temperatura de saída da torre	(°C)	35
Diferencial de temperatura	(°C)	5,5
Regime de trabalho	(h/dia)	24
Regime de trabalho	(dias/mês)	26
Utilização do resfriamento	-	Chiller a água
Origem da água de alimentação	-	Copasa e Poço
Material do sistema	-	Fibra de vidro
Dosagem produto químico	M / A	Automático

Fonte: Adaptado de ALFATERM (2018).

Esse equipamento fica ligado 24 horas por dia, durante 30 dias do mês e tem uma potência de 8,7 kW, dado fornecido pelo próprio fabricante (ALFATERM, 2018).

Mediante a isto, a potência e o custo mensal da torre são calculados pelas equações 1 e 2, apresentadas respectivamente nos tópicos 2.1 e 2.3 deste trabalho.

$$E = \frac{P \times \Delta t}{1000} = \frac{8700 \times (\text{quant. horas} \times \text{quant. dias})}{1000} = \frac{8700 \times 24 \times 30}{1000} = 6264 \text{ kW}$$

$$\text{Valor a ser pago} = \frac{P \times \Delta t}{1000} \times \text{tarifa da concessionária} = 6264 \times 0,098 = \text{R\$ } 613,87$$

7.2.2 Motores / Bombas do sistema antigo

O circuito possui um total de 14 motores/bombas, trabalhando simultaneamente com

uma potência de 14,9 kW por motor/bomba. A figura 13 ilustra alguns desses motores citados a cima.

Figura 13 – Motores/bombas de circulação de água dos Chillers



Fonte: (COOPER STANDARD AUTOMOTIVE, 2018).

Esses motores/bombas por serem mais antigos não possuem o selo PROCEL, como consequência não tem uma boa eficiência energética. Outro fator que contribui para uma má eficiência é o fato desses motores não passarem por manutenção preventiva periódica.

A potência e o custo mensal dos 14 motores/bombas são calculados pelas equações 1 e 2, apresentadas respectivamente nos tópicos 2.1 e 2.3 deste trabalho. Vale ressaltar que os 14 motores/bombas também ficam ligados 24 horas por dia, durante 30 dias do mês.

$$E = \frac{P \times \Delta t}{1000} = \frac{208600 \times (\text{quant. horas} \times \text{quant. dias})}{1000} = \frac{208600 \times 24 \times 30}{1000}$$

$$= 150192 \text{ kW}$$

$$\text{Valor a ser pago} = \frac{P \times \Delta t}{1000} \times \text{tarifa da concessionária} = 150192 \times 0,098$$

$$= \text{R\$ } 14.718,81$$

Além desse custo mensal, estava previsto uma revisão para o ano de 2017 que poderia chegar a R\$ 21.000,00. Esse valor contemplava substituição de peças e manutenção corretiva.

7.2.3 Chiller antigo

O primeiro Chiller em operação o RTHC 300 toneladas de refrigeração já se encontra com 121.000 horas de funcionamento, sua revisão geral é aconselhada pelo fabricante quando o equipamento passar de 50.000 horas trabalhadas. Como o equipamento já esta trabalhando muito além das horas estipuladas seria necessário uma revisão criteriosa de tudo o Chiller, além de algumas atualizações de peças do equipamento, que acarretaria em um custo estimado em R\$ 250.000,00.

Na figura 14 é possível ver o equipamento em questão, o Chiller RTHC 300TR.

Figura 14 – Chiller RTHC 300TR



Fonte: (COOPER STANDARD AUTOMOTIVE, 2018).

O Chiller RTHC 300TR opera 24 horas por dia durante os 30 dias do mês e possui uma potência de 163,4 kW, com isso sua potência e custo da energia elétrica mensal são calculados pelas equações 1 e 2, apresentadas respectivamente nos tópicos 2.1 e 2.3 deste trabalho.

$$E = \frac{P \times \Delta t}{1000} = \frac{163400 \times (\text{quant. horas} \times \text{quant. dias})}{1000} = \frac{163400 \times 24 \times 30}{1000}$$

$$= 117648 \text{ kW}$$

$$\text{Valor a ser pago} = \frac{P \times \Delta t}{1000} \times \text{tarifa da concessionária} = 117648 \times 0,098$$

$$= R\$ 11.529,50$$

O segundo Chiller o RTHB 215TR, possui horas de manutenção excedida para revisão geral que é estimada em R\$181.000,00. O equipamento trabalha com gás R22 banido das empresas por não ser ecológico, a simples alteração do gás neste equipamento (*Retrofit*) gera um custo com revisão da máquina de R\$31.000,00, além da perda gradua de capacidade podendo gerar falha total do sistema.

Na figura 15 é possível ver o equipamento em questão, o Chiller RTHC 215TR.

Figura 15 – Chiller RTHC 215TR



Fonte: (COOPER STANDARD AUTOMOTIVE, 2018).

O Chiller RTHC 215TR opera 24 horas por dia durante os 30 dias do mês e possui uma potência de 198 kW, com isso sua potência e custo da energia elétrica mensal são calculados pelas equações 1 e 2, apresentadas respectivamente nos tópicos 2.1 e 2.3 deste

trabalho.

$$E = \frac{P \times \Delta t}{1000} = \frac{198000 \times (\text{quant. horas} \times \text{quant. dias})}{1000} = \frac{198000 \times 24 \times 30}{1000}$$

$$= 142560 \text{ kW}$$

$$\text{Valor a ser pago} = \frac{P \times \Delta t}{1000} \times \text{tarifa da concessionária} = 142560 \times 0,098$$

$$= \text{R\$ } 13.970,88$$

7.2.4 Estrutura metálica de sustentação do Chiller

A estrutura de sustentação se encontra com um processo avançado de oxidação, por estar exposta a produto químico presente no tratamento da água dentre outros fatores do ambiente. Essa estrutura de sustentação da torre do Chiller esta apoiada sobre a sala da subestação Norte.

A figura 16 ilustra o estado crítico da estrutura de sustentação.

Figura 16 – Estrutura de sustentação da torre do Chiller



Fonte: (COOPER STANDARD AUTOMOTIVE, 2018).

Foram feitos alguns orçamentos para a reforma da estrutura de sustentação e a empreiteira que ganhou e que esta dentro dos padrões exigidos pela empresa definiu o

valor do serviço em R\$12.000,00.

7.2.5 Dados de todo sistema antigo

Para uma melhor visualização dos valores do sistema antigo a tabela 4 mostra o quantitativo total e individual das potências, juntamente com o custo mensal e total de cada equipamento.

Tabela 4 – Quantitativo total e individual das potências do sistema antigo.

EQUIPAMENTO	POTÊNCIA (kW)	POTÊNCIA MENSAL (kW)	PREÇO MENSAL (R\$)
Torre de resfriamento	8,7	6.264	R\$ 613,87
Motores/bombas (total de 14)	208,6	150.192	R\$ 14.718,81
Chiller RTHC 300TR	163,4	117.648	R\$ 11.529,50
Chiller RTHC 215TR	198	142.560	R\$ 13.970,88
TOTAL	578,70	416.664	R\$ 40.833,06

Fonte: O autor (2018).

Juntamente com os custos mensais a serem pagos a concessionária de energia, a empresa também conta com os custos adicionais por equipamento devido à revisão e *retrofit*. Esses custos adicionais são apresentados na tabela 5.

Tabela 5 – Custos adicionais do sistema antigo.

EQUIPAMENTO	PREÇO ADICIONAL (R\$)
Revisão dos motores	R\$ 21.000,00
Revisão do Chiller 300TR	R\$ 250.000,00
Revisão do Chiller 215TR	R\$ 131.000,00
Retrofit do Chiller 215TR	R\$ 31.000,00
Refazer estrutura de sustentação da torre	R\$ 12.000,00
TOTAL	R\$ 445.000,00

Fonte: O autor (2018).

7.3 Sistema novo

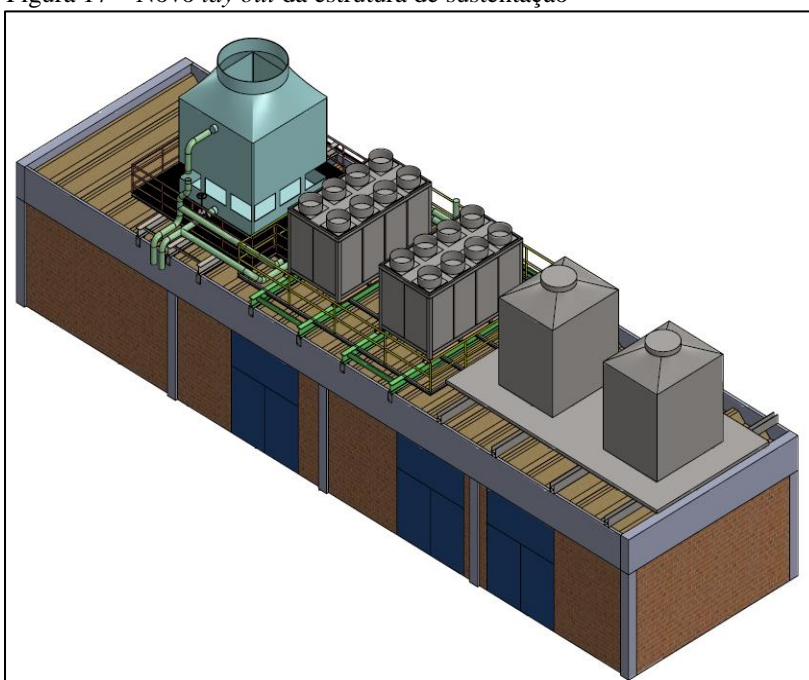
O sistema novo tem uma situação proposta para instalação de uma estrutura metálica, dois Chillers refrigerados a ar e seis motores/bombas para alimentar a fábrica com água gelada. Vale ressaltar, nesse momento, que o custo que a empresa paga por kWh continua sendo de 0,098 reais, ou seja, 9,8 centavos para cada kilowatt consumido durante um mês.

A torre de resfriamento existente no sistema antigo se faz desnecessário pelo fato do no Chiller novo ser condensado a ar e não a água igual o antigo.

7.3.1 Estrutura de sustentação

Será montada uma estrutura metálica para posicionamento dos dois Chillers (conforme mostrada no ponto A), após interligação dos dois Chillers no sistema central, a torre e estrutura de sustentação (ponto B) serão retirados. Esses itens são mostrados na figura 17.

Figura 17 – Novo *lay out* da estrutura de sustentação



Fonte: O autor (2018).

A nova estrutura de sustentação dos Chillers ficou orçada no mesmo valor anteriormente apresentado no item 7.2.4, R\$12.000,00. Esse valor já está contemplando a retirada da estrutura antiga oxidada, confecção e instalação da nova estrutura.

7.3.2 Chiller novo

Os Chillers a serem instalados serão dois de condensação a ar de 150TR modelo RLA - 500, fabricados pela empresa Mecalor com um custo de R\$400.000,00 por equipamento. Esses novos equipamentos promovem uma melhor eficiência energética e confiabilidade da operação no sistema de água gelada por utilizarem condensador de microcanais com tubos

fabricados em alumínio de formato achatado e micro canais paralelos dispostos em filas. As aletas são unidas aos tubos por processo de brasagem. Por esse motivo são vantajosos em:

- a) Não ocorrência de corrosão galvânica;
- b) Maior eficiência térmica;
- c) Menor volume de refrigerante;
- d) Aletas menos suscetíveis a danos causados por impacto;
- e) Facilidade de limpeza.

Outro fator que contribui para uma melhor eficiência é que seu reservatório de água gelada é de aço inoxidável isolado e revestido de alumínio. Dentro deste reservatório o sistema possui sensor eletrônico de nível mínimo que medem a temperatura de saída e de retorno da água de processo, enviando um sinal analógico para a Central Eletrônica Microprocessada; boia que permite a reposição automática da água e evita que o reservatório tenha um nível excessivo de água; dreno e ladrão (MECALOR, 2018).

A tabela 6 mostra os dados, contornados, do Chiller em questão.

Tabela 6 – Dados dos Chillers Mecalor.

Modelo ⁽¹⁾	Capacidade Nominal ⁽²⁾	Potência em Regime ⁽³⁾	Potência Instalada ⁽⁴⁾	Dimensões em milímetros			Bomba de Processo		Reservatório de Água	Ar de Condensação	Diâmetro da Tubulação	Peso
	kcal/h	kW	kVA	Larg.	Compr.	Alt.	m ³ /h	mca	Litros	m ³ /h	Processo	kg
RLA-75	75.500	27,1	48,6	1.150	2.600	2.620	16,5	30	290	43.000	3"	1.100
RLA-100	98.000	35,4	64,1	1.150	2.600	2.620	28,0	30	290	43.000	3"	1.300
RLA-130	127.500	47,6	77,4	1.150	2.600	2.620	40,0	30	290	43.000	3"	1.500
RLA-170	163.000	55,9	97,2	1.150	3.160	3.100	40,0	30	290	64.500	3"	1.600
RLA-210	208.000	72,1	121,6	1.150	3.160	3.100	61,0	30	290	64.500	3"	1.700
RLA-260	258.500	88,3	148,7	2.500	2.400	2.860	66,0	30	420	86.000	4"	2.000
RLA-330	324.000	107,9	190,9	2.500	3.500	2.860	95,0	30	420	129.000	4"	2.500
RLA-400	404.500	139,0	236,7	2.500	3.500	2.860	95,0	30	420	129.000	4"	3.900
RLA-500	481.500	161,6	280,0	2.500	4.620	2.930	145,0	30	730	172.000	6"	4.400
RLA-620	622.000	205,2	355,8	2.500	5.730	2.930	145,0	30	730	215.000	6"	5.200

Fonte: (MECALOR, 2018).

Os dois Chillers tem tempos de funcionamento diferentes entre si, pois seu sistema é novo e atualizado. Por esse motivo trabalham de acordo com o requerido pelo processo. Dessa forma, quando o processo não exige que o Chiller trabalhe em 100% de sua capacidade, a capacidade de refrigeração é modulada economizando assim o consumo de energia elétrica. Esta manobra é feita automaticamente pela central eletrônica microprocessada, sempre que

detecta carga baixa no processo, possibilitando uma grande economia no consumo de energia elétrica e no desgaste de componentes. Diante disso o primeiro Chiller opera 24 horas por dia, com potência e custo da energia elétrica mensal calculados pelas equações 1 e 2, apresentados respectivamente nos tópicos 2.1 e 2.3 deste trabalho.

$$E = \frac{P \times \Delta t}{1000} = \frac{161600 \times (\text{quant. horas} \times \text{quant. dias})}{1000} = \frac{161600 \times 24 \times 30}{1000}$$

$$= 116352 \text{ kW}$$

$$\text{Valor a ser pago} = \frac{P \times \Delta t}{1000} \times \text{tarifa da concessionária} = 116352 \times 0,098$$

$$= \text{R\$ } 11.402,49$$

Já o segundo Chiller opera em apenas 8 horas por dia durante os 30 dias do mês, com potência e custo da energia elétrica mensal calculados pelas equações 1 e 2, apresentadas respectivamente nos tópicos 2.1 e 2.3 deste trabalho.

$$E = \frac{P \times \Delta t}{1000} = \frac{161600 \times (\text{quant. horas} \times \text{quant. dias})}{1000} = \frac{161600 \times 8 \times 30}{1000}$$

$$= 38784 \text{ kW}$$

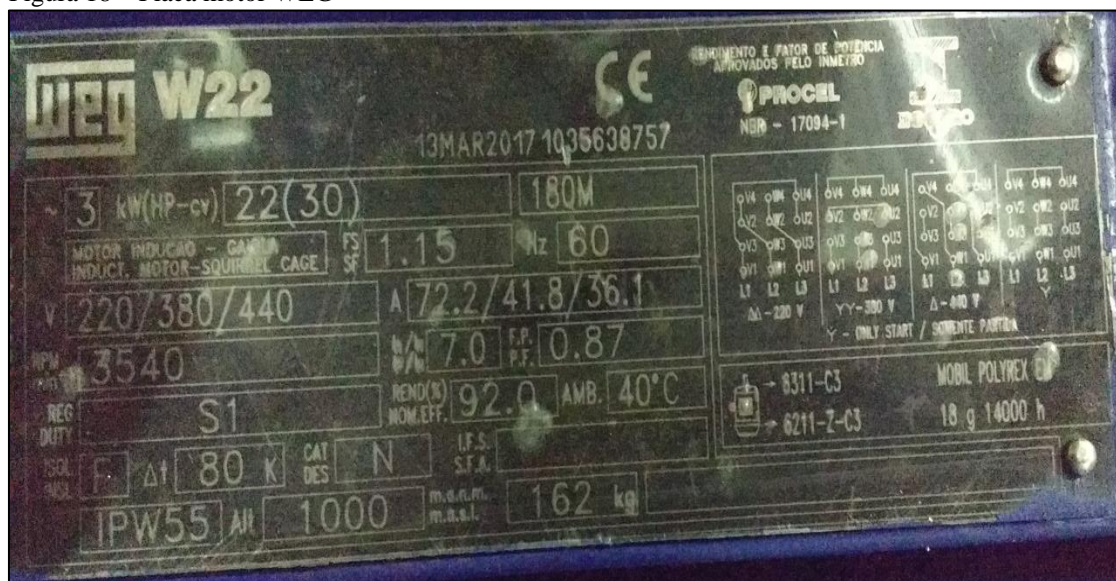
$$\text{Valor a ser pago} = \frac{P \times \Delta t}{1000} \times \text{tarifa da concessionária} = 38784 \times 0,098$$

$$= \text{R\$ } 3.800,83$$

7.3.3 Motores/bombas do sistema novo

O circuito possui um total de 6 motores/bombas, sendo 2 reservas que só entram em operação mediante falha ou manutenção das outras. Executam um trabalho simultâneo com uma potência de 22 kW por motor/bomba. A figura 18 ilustra o dado de placa desses motores citados a cima.

Figura 18 – Placa motor WEG



Fonte: (WEG, 2018).

A potência e o custo da energia elétrica mensal dos 4 motores/bombas são calculadas pelas equações 1 e 2, apresentadas respectivamente nos tópicos 2.1 e 2.3 deste trabalho. Vale ressaltar que os 14 motores/bombas também ficam ligados 24 horas por dia, durante 30 dias do mês.

$$E = \frac{P \times \Delta t}{1000} = \frac{88000 \times (\text{quant. horas} \times \text{quant. dias})}{1000} = \frac{88000 \times 24 \times 30}{1000}$$

$$= 63360 \text{ kW}$$

$$\text{Valor a ser pago} = \frac{P \times \Delta t}{1000} \times \text{tarifa da concessionária} = 63360 \times 0,098$$

$$= \text{R\$ } 6.209,28$$

7.3.4 Dados de todo sistema novo

Para uma melhor visualização dos valores do sistema novo a tabela 7 mostra o quantitativo total e individual das potências, juntamente com o custo da energia elétrica mensal e total de cada equipamento.

Tabela 7 – Quantitativo total e individual das potências do sistema novo.

EQUIPAMENTO	POTÊNCIA (kW)	POTÊNCIA MENSAL (kW)	PREÇO MENSAL (R\$)
Motores/bombas (total de 4)	8,8	63.360	R\$ 6.209,28
Chiller (1) 150TR	161,6	116.352	R\$ 11.402,49
Chiller (2) 150TR	161,6	38.784	R\$ 3.800,83
TOTAL	332,00	218.496	R\$ 21.412,60

Fonte: O autor (2018).

Juntamente com os custos da energia elétrica mensais a serem pagos a concessionária de energia, a empresa também conta com os custos adicionais por equipamento devido à revisão e *retrofit*. Esses custos adicionais são apresentados na tabela 8.

Tabela 8 – Custos adicionais do sistema antigo.

EQUIPAMENTO	PREÇO ADICIONAL (R\$)
Compra do Chiller (1) + motores/bombas	R\$ 400.000,00
Compra do Chiller (2) + motores/bombas	R\$ 400.000,00
Refazer estrutura de sustentação da torre	R\$ 12.000,00
TOTAL	R\$ 812.000,00

Fonte: O autor (2018).

8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após toda avaliação e levantamento da situação do sistema antigo e novo, se pode ter uma comparação mais precisa em relação aos dois sistemas. As informações e dados comparativos foram selecionados e apresentados neste tópico.

A linha de Chillers MECALOR, proposto no sistema novo, possui compressores herméticos rotativos, ou seja, o motor e o compressor ficam dentro da mesma carcaça, de alta eficiência e com consumo de energia até 25% menor que os compressores alternativos de pistão. Possui também um compacto e eficiente trocador de calor de placas, responsável por expressiva redução na carga de refrigerante e no consumo de energia elétrica. Todos os equipamentos do Chiller estão padronizados para a utilização do fluido refrigerante ecológico o gás R-410 em substituição ao gás R-22, cuja produção mundial esta sendo gradualmente desativada por se tratar de um gás mais nocivo ao meio ambiente.

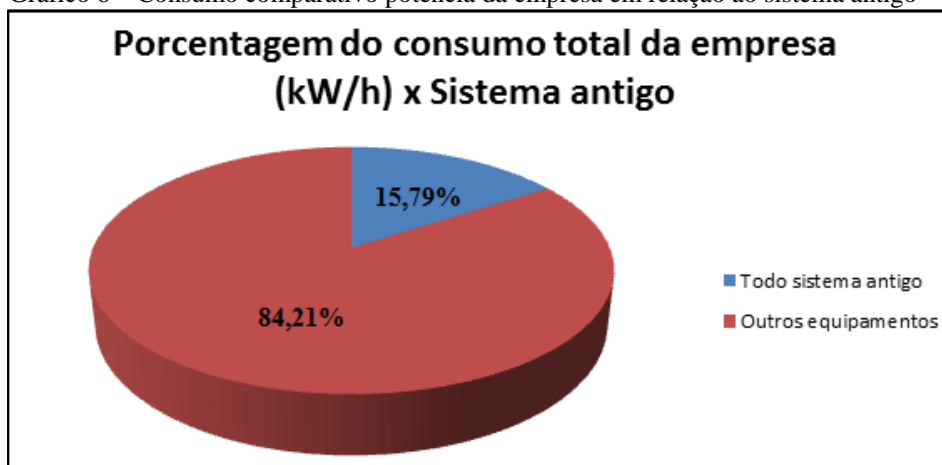
Os motores WEG além de serem mais eficientes energeticamente que os motores do sistema antigo, possuem o selo PROCEL e são fabricados com proteção IP 55 (resistente à poeira e jatos de água).

O comparativo da potência dos sistemas, antigo e novo, em relação ao restante da potência da empresa é um dado muito importante para que se possa ter uma noção do que representa esses sistemas individualmente num total como todo da energia mensal em kWh.

Para base desses dados foi levado em consideração à energia consumida durante o mês de maio/2017, que foi de 2.637.425 kWh, conforme apêndice A em anexo.

Quando se compara a energia total consumida pela empresa em relação ao sistema antigo, que é de 416.664 kWh, obtemos as seguintes porcentagens demonstradas no gráfico 6.

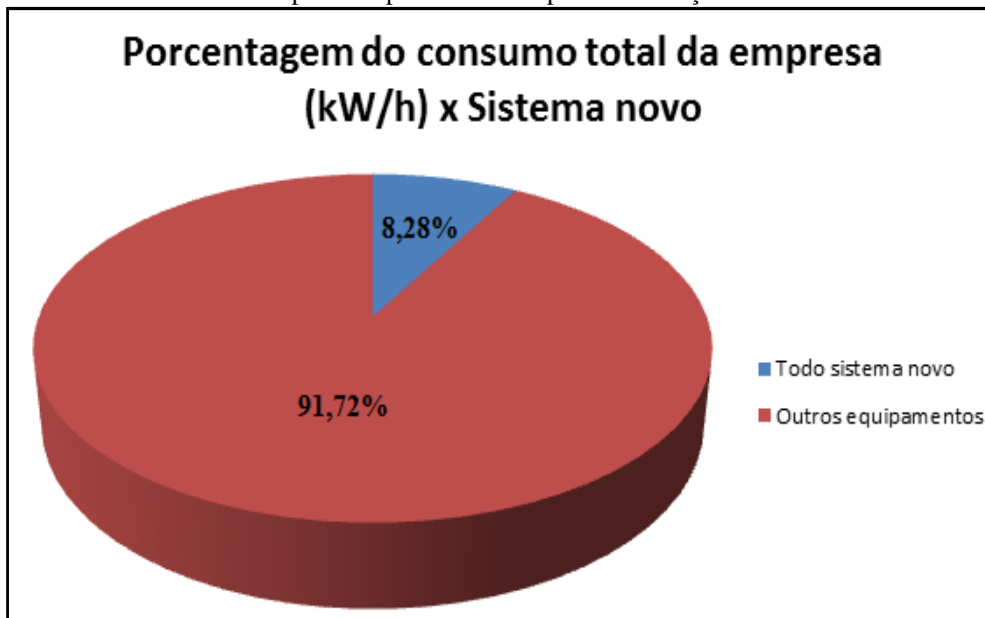
Gráfico 6 – Consumo comparativo potência da empresa em relação ao sistema antigo



Fonte: O autor (2018).

Já a comparação do sistema novo, que é de 218.496 kWh, em relação a energia total consumida pela empresa é demonstrado no gráfico 7.

Gráfico 7 – Consumo comparativo potência da empresa em relação ao sistema novo



Fonte: O autor (2018).

Mediante o gráfico nota-se que o percentual do sistema novo chega a ser quase a metade do percentual do sistema antigo. Mais um fato que comprova a viabilidade da imigração para um sistema mais atualizado.

Já quando se fala em *payback* é o mesmo que dizer qual o tempo levado para o investidor recuperar seu investimento inicial e a partir desse momento começar a gerar lucro mediante as mudanças feitas. É uma ferramenta, como outros indicadores, tem sua importância e deve ser considerado pelos gestores na hora de avaliar a viabilidade de projetos e investimentos.

Apesar de todo negócio estar sujeito a riscos e perdas, o *payback* fornece uma orientação para determinar o grau de risco de certos empreendimentos, cabendo ao gestor à decisão final de levá-los adiante ou não.

No estudo de caso apresentado o *payback simples* é calculado através de dados do custo de energia elétrica mensal de cada equipamento extraídos do sistema antigo apresentado na tabela 4 e fornecidos pela tabela 9.

Tabela 9 – Custos mensais de cada equipamento do sistema antigo.

EQUIPAMENTO	PREÇO MENSAL (R\$)
Torre de resfriamento	R\$ 613,87
Motores/bombas (total de 14)	R\$ 14.718,81
Chiller RTHC 300TR	R\$ 11.529,50
Chiller RTHC 215TR	R\$ 13.970,88
TOTAL	R\$ 40.833,06

Fonte: O autor (2018).

Também se torna necessário, para os cálculos, os dados do custo de energia elétrica mensal de cada equipamento do sistema novo. Essas informações são extraídas da tabela 7 e fornecidas pela tabela 10.

Tabela 10 – Custos mensais de cada equipamento do sistema novo.

EQUIPAMENTO	PREÇO MENSAL (R\$)
Motores/bombas (total de 4)	R\$ 6.209,28
Chiller (1) 150TR	R\$ 11.402,49
Chiller (2) 150TR	R\$ 3.800,83
TOTAL	R\$ 21.412,60

Fonte: O autor.

Mediante a esses dados fornecidos é possível calcular o custo da economia mensal e anual da energia elétrica que o sistema novo se faz em relação ao sistema antigo.

$$\begin{aligned} \text{Economia mensal} &= \text{Total custo mensal sistema antigo} - \text{Total custo mensal sistema novo} \\ &= \text{R\$ } 40.833,06 - \text{R\$ } 21.412,60 \end{aligned}$$

$$\text{Economia mensal} = \text{R\$ } 19.420,46$$

Para saber o custo da economia anual da energia elétrica do sistema novo, basta multiplicar a economia mensal pela quantidade de meses do ano. Conforme mostrado a baixo:

$$\begin{aligned} \text{Economia anual} &= \text{Economia mensal} \times \text{quantidade de meses do ano} \\ &= \text{R\$ } 19.420,46 \times 12 \end{aligned}$$

$$\text{Economia anual} = \text{R\$ } 233.045,52$$

Como esse projeto se trata de um comparativo de dois sistemas, um antigo e outro novo, e se faz um estudo de *payback* é necessário que todos os investimentos sejam colocados nos cálculos, de modo que se possa obter um resultado mais preciso. Para isso levasse em conta que se o sistema antigo fosse mantido em operação teria um custo adicional de manutenção e atualização dos Chillers e motores/bombas. Esses custos foram detalhados na tabela 5 e representam um montante de R\$ 445.000,00. Já o sistema novo tem um custo total de aquisição dos equipamentos e mais a instalação no valor total de R\$ 812.000,00, conforme mostrado na tabela 8. Então a diferença financeira desses dois sistemas é apresentada pela expressão a baixo:

Diferença dos dois sistemas = Preço total do sistema novo – Revisão do sistema antigo

Diferença dos dois sistemas = R\$ 812.000,00 – R\$ 445.000,00

Diferença dos dois sistemas = R\$ 367.000,00

Apesar de o sistema novo ser mais caro R\$ 367.000,00 em relação ao antigo, a troca se faz vantajosa devido à economia mensal que se obtêm com os equipamentos novos. Uma vez que mesmo com a atualização e revisão do sistema antigo seu consumo permanecerá o mesmo.

Feito todas essas observações, para chegar ao tempo de retorno do investimento se faz necessário o desenvolvimento da última operação, que é feita através da divisão entre o valor total investido na troca e o valor da economia anual entre os sistemas. Esse cálculo é descrito e resolvido a baixo:

$$\text{Tempo de retorno} = \frac{\text{Valor investido na troca}}{\text{Valor da economia anual entre os sistemas}} = \frac{\text{R\$ 812.000,00}}{\text{R\$ 233.045,52}} = 3,48$$

Tempo de retorno = Aproximadamente 3,5 anos

Vale ressaltar que para a base de cálculos não foi contabilizado em termos financeiros a economia de água referente à troca dos equipamentos, pois esse sistema é abastecido por água proveniente do poço existe na empresa. Essa economia é muito importante para o meio ambiente, pois ameniza o consumo de um bem essencial para a existência da vida humana, além de incentivar as pessoas a praticarem novas ações voltadas para apelo ambiental.

9 CONCLUSÃO

Para explicar os parâmetros voltados para eficiência energética é necessário um bom levantamento de dados da situação atual para que seja comparado com medidas de eficiência, podendo ser a substituição de equipamentos ineficientes, atualizações na tecnologia de máquinas e desativação de sistemas desnecessários, de modo que maximizem o processo sem alterar as características do produto final..

Como verificado através das análises do estudo de caso e baseado nos estudos bibliográficos referente à eficiência energética industrial, verificou-se que a situação atual está abaixo de níveis considerados eficientes, além de todo o sistema estar desatualizado e com manutenções preventivas em atraso. Em destaque o equipamento antigo Chiller que se demonstrou ineficiente e, como sua participação no consumo final é elevada, aparece à possibilidade de grandes vantagens relacionadas às ações a serem realizadas.

O equipamento antigo Chiller tem uma participação de 15,79% de toda energia consumida pela empresa durante o mês. Com as melhorias propostas, troca dos Chillers antigos por outros mais modernos, essa porcentagem de participação é reduzida para 8,28%, considerado uma diferença significativa e um nível excelente em termos de eficiência. Vale ressaltar que essa diferença se da também pela diminuição da potência total instalada, devido à desativação de algumas linhas de extrusão e células de acabamento.

Assim, com as ações sugeridas o local de análise se tornaria mais eficiente, reduzindo seu consumo, que automaticamente diminui seus gastos financeiros com essa finalidade, possibilitando investimentos em outras áreas de atuação. O lado socioambiental também é relevante, visto a redução de demanda, reduzindo a necessidade de expansão do setor elétrico brasileiro, que se sabe a alta utilização da matriz hídrica, algo com constantes problemas devido as grandes épocas de estiagem que passamos.

REFERÊNCIAS

ABRACE. **Consumo do Brasil em 2016**. Disponível em: < <http://www.abrace.org.br/> >. Acesso em: 09 jun. 2018.

ABRACEEL. **Mercado livre de energia**, 2017. Disponível em: < <http://www.abraceel.com.br/> >. Acesso em: 16 out. 2018.

ALFATERM. **Torre de Resfriamento Industrial**, 2018. Disponível em: < <http://www.alfaterm.com.br/> >. Acesso em: 05 out.. 2018.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, Apresentação: **Programa de Eficiência Energética das Empresas de Distribuição de Energia**. Brasília 2009.

BORGNAKKE, C. SONNTAG, R. E. **Fundamentos da Termodinâmica Clássica**. 7 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2009.

BRASIL. Lei 10.295, de 17 out. 2001 – **Lei Eficiência Energética. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências**. Brasília: DF, 2001.

BRASIL. Ministério Das Minas E Energia. **Eficiência energética, motores elétricos. Ano base 2014**. Brasília, 2015. Disponível em: < <http://www.mme.gov.br/> >. Acesso em: 11 jun. 2018.

BRASIL. Ministério Das Minas E Energia. **Balanco nacional de energia útil. Ano base 2015**. Brasília, 2016. Disponível em: < <http://www.mme.gov.br/> >. Acesso em: 22 fev. 2018.

CEPRA (Centro de Formação Profissional de Reparação Automóvel). Formação Modular Automóvel: **Características e Funcionamento dos Motores**. Portugal, Lisboa, 2000.

CEMIG. **Projeto Cemig troca seu motor**, 2018. Disponível em: < <http://www.cemig.com.br/> >. Acesso em: 11 jun. 2018.

CEMIG. **Tarifas e serviços**, 2017. Disponível em: < <http://www.cemig.com.br/> >. Acesso em: 16 out. 2018.

COOPER STANDARD. **História da empresa**, 2018. Disponível em: < <http://www.cooperstandard.com/> >. Acesso em: 01 out. 2018.

CREDER, H. **Instalações elétricas**. 13 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., 2010. 516 p.

DRUCKER, PETER. **Conceito de eficiência**, 2016. Disponível em: < <https://www.administradores.com.br/> >. Acesso em: 13 maio, 2018.

ELETROBRAS; PROCEL: **Eficiência energética na indústria: O que foi feito no Brasil, oportunidade de redução de custos e experiências internacionais**. Brasília, 2009.

ELETROBRAS. **Eficiência energética na indústria de modo geral**. Rio de Janeiro, 2010.

ELETROBRAS. **Resultados do PROCEL 2011: ano base 2010**. Rio de Janeiro, 2011.

ELETROBRAS, **BDMotor**, Rio de Janeiro, 2016.

ELETROPAULO. **Conceitos de energia elétrica**, 2015. Disponível em: < <http://www.aeseletpaulo.com.br/> >. Acesso em: 04 jun. 2018.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Balanco Energético Nacional 2016 – Eficiência Energética**. Disponível em: < <https://ben.epe.gov.br/>>. 2016. Acesso em: 02 de mai. 2018.

FIRJAN. **Quanto custa a energia elétrica para a indústria no Brasil?** Disponível em: < <http://www.quantocustaenergia.com.br/> >. Acesso em: 04 jun. 2018.

GELLER, H.; **O uso eficiente da eletricidade: uma estratégia de desenvolvimento para o Brasil**. INEE, ACEEE, Rio de Janeiro. 2014.

AUGUSTO JUNIOR, Norberto. **Motores de Alto Rendimento – Dimensionamento e Viabilidade Econômica**, 2001.

MECALOR. **Chiller's a ar**, 2018. Disponível em: < <http://mecalor.com.br/> >. Acesso em: 05 out. 2018.

MOREIRA, M. A. **Uma abordagem cognitivista ao ensino de física**. Porto Alegre, Ed. Universidade UFRGS, 1983.

PEREIRA, Luís Alberto. **Análise Econômica da Aplicação de Motores de Indução de Alto Rendimento**. Porto Alegre: PUCRS, 2014.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **PROCEL Indústrias**. 2007. Disponível em: <<http://www.elektrobras.com.br/>>. Acesso em: 20 mai. 2018.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resultados PROCEL 2016: ano base 2015**. Rio de Janeiro, 2016.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **O programa**, 2017. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/>>. Acesso em: 20 mai. 2018^a.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **O programa**, 2017. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/>>. Acesso em: 20 mai. 2018^b.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Selo Procel**, 2017. Disponível em: < <http://www.procelinfo.com.br/> >. Acesso em: 14 abr. 2018^c.


SILVA, J. G. **Introdução à Tecnologia da Refrigeração e da Climatização**. São Paulo, Editora Artliber, 2003.

SILVA, M. N. **Eficiência energética em sistemas de refrigeração industrial e comercial**, 2014. Disponível em: < <http://marioloureiro.net/> >. Acesso em: 10 jun. 2018.

TRANE. **Chiller's a água**, 2018. Disponível em: < <http://www.trane.com/commercial/equipment/chillers.html> >. Acesso em: 05 out. 2018.

WEG. **Motores elétricos industriais**, 2007. Disponível em: < <http://www.weg.net.br/> >. Acesso em: 11 jun. 2018.

APÊNDICE A – Conta referente ao mês de maio

		www.cemig.com.br/atendimento Emergências: 0800 727 7520																																																									
Cemig Distribuição S.A. CNPJ 06.981.180/0001-16 / Insc. Estadual 062.322136-0087 Av. Barbacena, 1.200 – 17º andar – Ala A1 – CEP 30190-131 – Belo Horizonte – MG		Tarifa Social de Energia Elétrica – TSEE foi criada pela Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002																																																									
COOPER STANDARD AUT BRASIL SEALING LTDA AV MANOEL VIDA 1000 INDUSTRIAL JK 37062-480 VARGINHA, MG CNPJ 00.362.831/0001-03 INSCRIÇÃO ESTADUAL 7079275350010		Referente a MAI/2017 Código de Débito Automático 000099000952	Nº DO CLIENTE 7000000034																																																								
NOTA FISCAL - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA - SÉRIEU - N°000540542 - PTA N°16.000114527.70																																																											
Classe Industrial	Subclasse Industrial	Datas de Leitura Anterior Atual Próxima 30/04 31/05 30/06	Datas da Nota Fiscal Emissão Apresentação 09/06 09/06																																																								
			Nº DA INSTALAÇÃO 3009900095																																																								
Informações Técnicas																																																											
Modalidade Tarifária TUSD Livre A4 Azul																																																											
Informações Gerais Aplicado desconto de 50,00 %. Tarifa vigente conforme Res Aneel nº 2.246, de 23/05/2017. Pela legislação tributária, os descontos a que se refere o Decreto Federal 7.891/13 também integram a base de cálculo do ICMS, PASEP e COFINS. AGENTE DE RELACIONAMENTO: LUIZ A. S. SILVERIO E-MAIL: luiz@cemig.com.br		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">Valores Faturados</th> </tr> <tr> <th style="text-align: left;">Descrição</th> <th style="text-align: right;">Quantidade</th> <th style="text-align: right;">Tarifa/Preço</th> <th style="text-align: right;">Valor(R\$)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Componente Fio kW HFP</td> <td style="text-align: right;">5.508</td> <td style="text-align: right;">11,91555722</td> <td style="text-align: right;">65.630,86</td> </tr> <tr> <td>Componente Fio kW HP</td> <td style="text-align: right;">5.475</td> <td style="text-align: right;">40,92306170</td> <td style="text-align: right;">224.053,74</td> </tr> <tr> <td>Ultrapassagem C. Fio. kW HP</td> <td style="text-align: right;">345</td> <td style="text-align: right;">81,84612339</td> <td style="text-align: right;">28.236,89</td> </tr> <tr> <td>Componente Encargo kWh HFP</td> <td style="text-align: right;">2.637.425</td> <td style="text-align: right;">0,09812037</td> <td style="text-align: right;">258.785,10</td> </tr> <tr> <td>Componente Encargo kWh HP</td> <td style="text-align: right;">319.387</td> <td style="text-align: right;">0,09812037</td> <td style="text-align: right;">31.338,35</td> </tr> <tr> <td>Energia Reativa kWh HFP/Único</td> <td style="text-align: right;">15.771</td> <td style="text-align: right;">0,31619092</td> <td style="text-align: right;">4.986,63</td> </tr> <tr> <td>Energia Reativa kWh HP</td> <td style="text-align: right;">1.663</td> <td style="text-align: right;">0,31619092</td> <td style="text-align: right;">525,81</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">Encargos/Cobranças</td> </tr> <tr> <td>Desconto Comp. Fio HP</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: right;">-87.593,81</td> </tr> <tr> <td>Desconto Comp. Fio HFP</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: right;">-25.658,39</td> </tr> <tr> <td>Ajuste de Desconto C. Fio HP</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: right;">86.393,90</td> </tr> <tr> <td>Ajuste de Desconto C. Fio HFP</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: right;">27.018,65</td> </tr> </tbody> </table>		Valores Faturados				Descrição	Quantidade	Tarifa/Preço	Valor(R\$)	Componente Fio kW HFP	5.508	11,91555722	65.630,86	Componente Fio kW HP	5.475	40,92306170	224.053,74	Ultrapassagem C. Fio. kW HP	345	81,84612339	28.236,89	Componente Encargo kWh HFP	2.637.425	0,09812037	258.785,10	Componente Encargo kWh HP	319.387	0,09812037	31.338,35	Energia Reativa kWh HFP/Único	15.771	0,31619092	4.986,63	Energia Reativa kWh HP	1.663	0,31619092	525,81	Encargos/Cobranças				Desconto Comp. Fio HP			-87.593,81	Desconto Comp. Fio HFP			-25.658,39	Ajuste de Desconto C. Fio HP			86.393,90	Ajuste de Desconto C. Fio HFP			27.018,65
Valores Faturados																																																											
Descrição	Quantidade	Tarifa/Preço	Valor(R\$)																																																								
Componente Fio kW HFP	5.508	11,91555722	65.630,86																																																								
Componente Fio kW HP	5.475	40,92306170	224.053,74																																																								
Ultrapassagem C. Fio. kW HP	345	81,84612339	28.236,89																																																								
Componente Encargo kWh HFP	2.637.425	0,09812037	258.785,10																																																								
Componente Encargo kWh HP	319.387	0,09812037	31.338,35																																																								
Energia Reativa kWh HFP/Único	15.771	0,31619092	4.986,63																																																								
Energia Reativa kWh HP	1.663	0,31619092	525,81																																																								
Encargos/Cobranças																																																											
Desconto Comp. Fio HP			-87.593,81																																																								
Desconto Comp. Fio HFP			-25.658,39																																																								
Ajuste de Desconto C. Fio HP			86.393,90																																																								
Ajuste de Desconto C. Fio HFP			27.018,65																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="5" style="text-align: center;">Indicadores de Qualidade de Fornecimento</th> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left;">Varginha 1-Mês:04/2017</th> <th colspan="3" style="text-align: center;">Valores Permitidos</th> </tr> <tr> <th style="text-align: left;">Apurado Mensal</th> <th style="text-align: right;">Mensal</th> <th style="text-align: right;">Trimestral</th> <th colspan="2" style="text-align: right;">Anual</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIC</td> <td style="text-align: right;">0,00</td> <td style="text-align: right;">3,90</td> <td style="text-align: right;">7,80</td> <td style="text-align: right;">15,61</td> </tr> <tr> <td>FIC</td> <td style="text-align: right;">0,00</td> <td style="text-align: right;">2,29</td> <td style="text-align: right;">4,58</td> <td style="text-align: right;">9,16</td> </tr> <tr> <td>DMIC</td> <td style="text-align: right;">0,00</td> <td style="text-align: right;">2,62</td> <td style="text-align: right;">-</td> <td style="text-align: right;">-</td> </tr> <tr> <td>DICRI</td> <td style="text-align: right;">-</td> <td style="text-align: right;">0,77</td> <td style="text-align: right;">-</td> <td style="text-align: right;">-</td> </tr> </tbody> </table> <p style="font-size: x-small;">Tensão: Nominal= 13,8 kV Min.= 12,9 kV Máx.= 14,5 kV Valor Encargo Uso Sist. Distribuição: R\$ 449.028,19</p>				Indicadores de Qualidade de Fornecimento					Varginha 1-Mês:04/2017		Valores Permitidos			Apurado Mensal	Mensal	Trimestral	Anual		DIC	0,00	3,90	7,80	15,61	FIC	0,00	2,29	4,58	9,16	DMIC	0,00	2,62	-	-	DICRI	-	0,77	-	-																					
Indicadores de Qualidade de Fornecimento																																																											
Varginha 1-Mês:04/2017		Valores Permitidos																																																									
Apurado Mensal	Mensal	Trimestral	Anual																																																								
DIC	0,00	3,90	7,80	15,61																																																							
FIC	0,00	2,29	4,58	9,16																																																							
DMIC	0,00	2,62	-	-																																																							
DICRI	-	0,77	-	-																																																							