

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E
SUSTENTABILIDADE

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA: UM
ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES

IGOR PETRI DE OLIVEIRA

CAMPO GRANDE - MS
SET/2015

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E
SUSTENTABILIDADE

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA: UM
ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES

IGOR PETRI DE OLIVEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso do Mestrado Profissional apresentada na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para obtenção do título de Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade, na área de concentração de Eficiência Energética.

Orientadora: Prf^a. Dr^a. Andréa Teresa Riccio Barbosa.

CAMPO GRANDE - MS
SET/2015



Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Coordenadoria de Pós-Graduação (CPG/PROPP)
Sistema de Gestão de Pós-graduação (SIGPOS)



Ata de Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso
Programa de Pós-Graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade
Mestrado

Aos quatro dias do mês de setembro do ano de dois mil e quinze, às nove horas, na Sala de aula do mestrado, da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, reuniu-se a Banca Examinadora composta pelos membros: Andrea Teresa Riccio Barbosa (UFMS), Flavio Aristone (UFMS), Robson Leal da Silva (UFGD) para julgar o trabalho do aluno: **IGOR PETRI DE OLIVEIRA**, CPF 95682414187, Área de concentração em Eficiência Energética, do Programa de Pós-Graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade, Curso de Mestrado, da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, apresentado sob o título "**Eficiência energética em sistemas de energia elétrica: um estudo de caso em uma indústria de lubrificantes**". A presidente da Banca Examinadora, Andrea Teresa Riccio Barbosa, declarou abertos os trabalhos e agradeceu a presença de todos os Membros. A seguir, concedeu a palavra ao aluno que expôs sua Trabalho de Conclusão de Curso. Terminada a exposição, os senhores membros da Banca Examinadora iniciaram as arguições. Terminadas as arguições, a presidente da Banca Examinadora fez suas considerações como orientadora. A seguir, a Banca Examinadora reuniu-se para avaliação, e após, emitiu Parecer expresso conforme segue:

EXAMINADOR

Dra. Andrea Teresa Riccio Barbosa

Dr. Flavio Aristone

Dr. Robson Leal da Silva

Dra. Ana Paula da Silva Milani (Suplente)

ASSINATURA

AValiação

APROVAÇÃO DO CURSO
APROVAÇÃO COM REVISÃO
APROVAÇÃO COM REVISÃO

RESULTADO FINAL:

☐ Aprovação

☒ Aprovação com revisão

☐ Reprovação

OBSERVAÇÕES:

REVISÃO EM RELAÇÃO AO USO DE TEMPORIZADOR DO GRÁFICO
(VERIFICAR NO PONTOS DE LÓGICA DA UNIVERSIDADE) - E MITAR
DOCUMENTO PARA MEMBROS DA BANCA

Nada mais havendo a ser tratado, a Presidente declarou a sessão encerrada e agradeceu a todos pela presença.

Assinaturas:

Orientadora

Aluno

DEDICATÓRIA

Aos meus familiares e amigos que me incentivaram durante todo este processo.

E, para a memória de Eduardo Antônio e Helena Maria.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, a Prof^a. Dr^a. Andrea Teresa Riccio Barbosa, minha orientadora nesta dissertação, pela paciência, incentivo e análise crítica da primeira a última letra deste trabalho.

Aos professores do mestrado de Eficiência Energética e Sustentabilidade da UFMS, que com suas aulas, lições e discussões contribuíram infinitamente para a realização desta dissertação de mestrado.

Aos colegas do mestrado e das outras instituições que me ajudaram com a coleta de dados .

E, finalmente, um agradecimento aos funcionários e gestores da indústria onde este estudo foi executado.

EPÍGRAFE

Não vá aonde o caminho possa levar, vá, em vez disto
aonde não haja caminho, e deixe uma trilha.

- Ralph Waldo Emerson

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	iv
AGRADECIMENTOS.....	v
EPÍGRAFE.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE EQUAÇÕES.....	xii
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	xiii
LISTA DE SÍMBOLOS.....	xiv
RESUMO.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
1. INTRODUÇÃO.....	16
1.1. OBJETIVOS.....	17
1.1.1. OBJETIVO PRINCIPAL.....	17
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.2. JUSTIFICATIVA.....	18
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
2.1. TEORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA INDUSTRIAL.....	20
2.2. A IMPORTÂNCIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	23
2.3. ILUMINAÇÃO INDUSTRIAL	26
2.3.1. LÂMPADAS.....	27
2.3.2. REATORES	29
2.3.3. LUMINÁRIAS.....	30
2.3.4. SENSORES DE PRESENÇA.....	30
2.3.5. REGRAS E CÁLCULOS DE ILUMINAMENTO.....	31
2.4. MOTORES ELÉTRICOS	32
2.4.1. MOTOR TRIFÁSICO ASSÍNCRONO COM ROTOR TIPO GAIOLA DE ESQUILO.....	33
2.4.2. PARTIDA DE MOTORES ELÉTRICOS	37
2.5. CONDICIONADORES DE AR.....	41
2.5.1. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE CONDICIONADORES DE AR.....	41
2.6. BOMBAS HIDRÁULICAS	42
2.6.1. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM BOMBAS HIDRÁULICAS	43
2.7. COMPRESSORES	44
2.7.1. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE AR COMPRIMIDO.	45
2.8. AQUECIMENTO DE FLUIDOS EM CALDEIRAS	48
2.9. CLIMATIZADORES EVAPORATIVOS.....	48
2.10. FATOR DE POTÊNCIA.....	48
2.11. TARIFAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	49
3. METODOLOGIA	53
3.1. COLETA DE DADOS	54
3.1.1. A EMPRESA.....	54

3.1.2. DADOS ENERGÉTICOS	57
4. RESULTADOS.....	74
4.1. ILUMINAÇÃO INDUSTRIAL	74
4.2. CONDICIONADORES DE AR	77
4.3. CHUVEIROS ELÉTRICOS	79
4.4. VENTILAÇÃO INDUSTRIAL	80
4.5. BOMBAS HIDRÁULICAS	81
4.6. COMPRESSORES DE AR	81
4.7. MOTORES ELÉTRICOS	82
4.8. TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA	83
4.9. ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA	83
4.9.1. ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO INDUSTRIAL	84
4.9.2. ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA DE AR CONDICIONADO.....	83
4.9.3. ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA DE CHUVEIROS ELÉTRICOS.....	84
4.9.4. ANÁLISE DA VIABILIDADE ECNONÔMCIA DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO INDUSTRIAL	85
4.9.5. ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA DE AR COMPRIMIDO	86
4.9.6. ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA DE MOTORES ELÉTRICOS.....	87
5. DISCUSSÕES.....	90
6. CONCLUSÃO	93
7. REFERÊNCIAS.....	94
APÊNDICE A.....	98
APÊNDICE B.....	99
ANEXO.....	101

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 GRÁFICO DO SUPRIMENTO DE ENERGIA NO MUNDO ENTRE 1850 E 1990.	21
FIGURA 2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE LÂMPADAS.....	29
FIGURA 3 PLACA DE MOTOR ELÉTRICO.....	34
FIGURA 4 CURVA CARACTERÍSTICA DE TORQUE EM FUNÇÃO DA CATEGORIA DO MOTOR.	34
FIGURA 5 COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS DE PARTIDA DE MOTORES ELÉTRICOS.	38
FIGURA 6 ESQUEMA ELÉTRICO DE LIGAÇÃO ESTRELA-TRIÂNGULO PARA PARTIDA DE MOTOR ELÉTRICO.	39
FIGURA 7 RESISTÊNCIA ELÉTRICA DE IMERSÃO.	47
FIGURA 8 TARIFA HORO-SAZONAL VERDE.....	51
FIGURA 9 TARIFA HORO-SAZONAL AZUL.	52
FIGURA 10 LAYOUT DA EMPRESA.	54
FIGURA 11 FLUXOGRAMA DO PROCESSO FABRIL DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.....	56
FIGURA 12 FATOR DE POTÊNCIA MEDIDO ENTRE JAN/2014 E DEZ/2014 DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	68
FIGURA 13 VALORES DAS TARIFAS DE ENERGIA ELÉTRICA ENTRE OS MESES DE JAN/2014 E DEZ/2014 DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	69
FIGURA 14 DEMANDA CONTRATADA E DEMANDA ÚTIL DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.....	72
FIGURA 15 LUMINÁRIA PROVIDA DE PROTEÇÃO.	75
FIGURA 16 SUGESTÕES DE ADEQUAÇÕES NAS PAREDES LATERAIS PARA CAPTAÇÃO DA LUZ SOLAR.....	75
FIGURA 17 REBAIXAMENTO DA ILUMINAÇÃO INDUSTRIAL SUGERIDA PARA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	76
FIGURA 18 SUGESTÕES PARA VEDAÇÃO DE PORTAS DE RECINTOS COM AR CONDICIONADO NA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	78

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 OFERTA DE ENERGIA NO BRASIL ENTRE OS ANOS DE 1970 E 2006.	24
TABELA 2 NÍVEL DE ILUMINAMENTO DE AMBIENTES.	31
TABELA 3 FATOR DE DEPRECIAÇÃO DE ILUMINAÇÃO.	32
TABELA 4 CORRENTE DE PARTIDA EM MOTORES ELÉTRICOS TIPO GAIOLA	35
TABELA 5 DIMENSIONAMENTO DE CONDICIONADORES DE AR.	41
TABELA 6 DIMENSÕES FÍSICAS DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES EM ESTUDO.....	55
TABELA 7 EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.....	56
TABELA 8 DADOS DE ILUMINAÇÃO DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.....	58
TABELA 9 CÁLCULOS DE ILUMINAÇÃO DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	58
TABELA 10 DADOS DE CONDICIONAMENTO DE AR DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	59
TABELA 11 CÁLCULO DOS CONDICIONADORES DE AR DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	60
TABELA 12 DADOS DE CHUVEIROS ELÉTRICOS DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.....	60
TABELA 13 DESPERDÍCIO DE ENERGIA ELÉTRICA COM O USO DE CHUVEIROS NA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	60
TABELA 14 DADOS DE TOMADAS DE USO GERAL NA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.....	61
TABELA 15 DADOS DE VENTILAÇÃO DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.....	62
TABELA 16 DADOS DE BOMBAS HIDRÁULICAS DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	63
TABELA 17 VALORES CALCULADOS DAS BOMBAS HIDRÁULICAS DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	63
TABELA 18 DADOS DE COMPRESSORES DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.....	64
TABELA 19 DADOS DE MOTORES ELÉTRICOS DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.....	65
TABELA 20 CÁLCULOS DE POTÊNCIA DOS MOTORES ELÉTRICOS.	65
TABELA 21 DADOS DE AQUECIMENTO DE FLUIDOS DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES. ...	66
TABELA 22 DADOS DE FATOR DE POTÊNCIA DE EQUIPAMENTOS DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	67
TABELA 23 CUSTO DAS PARCELAS QUE COMPÕEM A TARIFA BIMÔNIA DE ENERGIA ELÉTRICA.	69
TABELA 24 COMPONENTES DA TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	69
TABELA 25 VALORES DE DEMANDA CONSUMIDA PELA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES....	70
TABELA 26 TARIFAÇÃO MENSAL DE ENERGIA ELÉTRICA ENTRE OS MESES DE JANEIRO A DEZEMBRO DE 2014 DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	71
TABELA 27 PARCELAS DA TARIFA MÉDIA DE ENERGIA ELÉTRICA DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	71
TABELA 28 SIMULAÇÕES DE TARIFAS DE ENERGIA ELÉTRICA PARA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	72
TABELA 29 RECOMENDAÇÕES PARA O SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	75
TABELA 30 CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DAS SUGESTÕES PARA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ELÉTRICA DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	77
TABELA 31 RECOMENDAÇÕES PARA O SISTEMA DE CONFORTO AMBIENTAL NA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	78
TABELA 32 CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DAS SUGESTÕES PARA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NO SISTEMA DE CONFORTO AMBIENTAL DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	78
TABELA 33 RECOMENDAÇÕES PARA O SISTEMA DE CHUVEIROS ELÉTRICOS DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	79

TABELA 34 CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DE AQUECEDORES SOLAR NA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	79
TABELA 35 CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DAS SUGESTÕES PARA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NO SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA PARA CHUVEIROS NA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	79
TABELA 36 DADOS DOS EQUIPAMENTOS DE CLIMATIZAÇÃO DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	80
TABELA 37 CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DAS SUGESTÕES PARA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NO SISTEMA DE VENTILAÇÃO INDUSTRIAL DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	81
TABELA 38 RECOMENDAÇÕES PARA O SISTEMA DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	81
TABELA 39 CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DAS SUGESTÕES PARA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NO SISTEMA DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	81
TABELA 40 RECOMENDAÇÕES PARA O SISTEMA DE AR COMPRIMIDO DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	82
TABELA 41 RECOMENDAÇÕES PARA O SISTEMA ELETROMOTRIZ DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	82
TABELA 42 CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DAS SUGESTÕES PARA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NO SISTEMA ELETROMOTRIZ DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	82
TABELA 43 QUANTIFICAÇÃO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	83
TABELA 44 QUANTIFICAÇÃO DO SISTEMA DE AR CONDICIONADO DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	84
TABELA 45 QUANTIFICAÇÃO DO SISTEMA DE CHUVEIROS ELÉTRICOS DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	85
TABELA 46 QUANTIFICAÇÃO DO SISTEMA HÍBRIDO DE CHUVEIROS DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	85
TABELA 47 QUANTIFICAÇÃO DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	86
TABELA 48 QUANTIFICAÇÃO DO SISTEMA DE CLIMATIZADORES DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	86
TABELA 49 QUANTIFICAÇÃO DO SISTEMA DE AR COMPRIMIDO DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	86
TABELA 50 QUANTIFICAÇÃO DO SISTEMA DE MOTORES ELÉTRICOS DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	87
TABELA 51 QUANTIFICAÇÃO DE TODOS OS SISTEMAS CONSUMIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	88
TABELA 52 QUANTIFICAÇÃO TOTAL DE INVESTIMENTOS PARA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	88
TABELA 53 COMPARAÇÃO ENTRE OS DOIS CENÁRIOS DE INVESTIMENTOS PARA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	89
TABELA 54 VANTAGENS PARA EMPRESA, SOCIEDADE E MEIO AMBIENTE COM A IMPLANTAÇÃO DO PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.	91
TABELA 55 PREVISÕES DE REDUÇÕES TARIFÁRIAS DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	91
TABELA 56 PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES.	98

LISTA DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1 FLUXO LUMINOSO	31
EQUAÇÃO 2 NÚMERO DE LÂMPADAS.	32
EQUAÇÃO 3 ELEVAÇÃO DE CARGA.	36
EQUAÇÃO 4 VENTILAÇÃO INDUSTRIAL.	36
EQUAÇÃO 5 POTÊNCIA DE BOMBAS HIDRÁULICAS.	43
EQUAÇÃO 6 POTÊNCIA DO COMPRESSOR.	45

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

NBR	Norma brasileira regulamentada
VPL	Valor Presente líquido
TIR	Taxa interna de retorno
PROCEL	Programa nacional de conservação de energia elétrica
ELETROBRÁS	Centrais elétricas brasileiras
ANP	Agência nacional do petróleo
ANEEL	Agência nacional de energia elétrica
PNE	Plano nacional energético
EPE	Empresa de pesquisa energética
MME	Ministério de minas e energia
BEM	Balanço energético nacional
ABNT	Associação brasileira de normas técnicas
SPDA	Sistemas de proteção contra descarga atmosférica
FER	Faturamento de energia reativa
FDR	Faturamento de demanda reativa

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
R\$	Unidade monetária em reais
MWh	Unidade de energia em megawatthora
LUX	Unidade de iluminamento em Lux
HZ	Unidade de frequência em Hertz
CV	Unidade de potência em cavalo-vapor
kW	Unidade de potência elétrica em quilowatt
N,H e D	Categorias de motores elétricos
COS ϕ	Cosseno do ângulo ϕ
V	Unidade de tensão elétrica em Volt
H	Rendimento
Vac	Unidade de tensão elétrica em Volt (em regime de corrente alternada)
CTN	Carga térmica normal
BTU/h	Unidade térmica britânica por hora
Pb	Potência da bomba hidráulica
°C	Unidade de temperatura em graus celsius
Kg/cm ²	Unidade de pressão em kilograma por centímetro quadrado
M	Unidade de comprimento em metro
Mm	Unidade de comprimento em milímetro
A	Unidade de corrente elétrica em Ampere
kVA	Unidade de potência ativa em quilovolt-ampere
kVAr	Unidade de potência reativa em quilovolt-ampere reativo
m ²	Unidade de área em metro quadrado
m ³	Unidade de volume em metros cúbico
h	Unidade de tempo em hora
mim	Unidade de tempo em minuto
kWh	Unidade de energia elétrica em quilowatthora
HP	Unidade de potência em horse power
kW/ano	Quilowatt por ano

RESUMO

DE OLIVEIRA, IGOR P.(2015). EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA: UM ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE LUBRIFICANTES. Campo Grande, 2015. 100 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado Profissional) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.

Neste trabalho é apresentado um projeto de eficiência energética e gestão de energia elétrica em uma indústria de lubrificantes que tem como objetivo, contribuir com a redução de perdas energéticas durante o processo industrial. Dentre todos os setores, a atividade industrial é o maior consumidor de energia. Desta forma, este estudo propõe um modelo do uso eficiente e econômico da energia, focando consumidores energointensivos na indústria; fundamentando os pilares da organização, planejamento e controle do uso de energia. Para tal, estruturou-se um projeto de gestão energética, com possibilidade de proporcionar ao consumidor benefícios econômicos, operacionais e de segurança, tornando-o competitivo no mercado onde atua, além de proporcionar indiretamente benefícios ambientais. A metodologia baseou-se em avaliações teóricas e em ações técnicas com acompanhamento das atividades produtivas, recomendando mudanças factíveis e viáveis economicamente para eficiência energética industrial. Desta forma, o trabalho apresenta sugestões sobre técnicas e tecnologias que devem ser aplicadas na indústria onde o estudo foi realizado. Com relação às mudanças recomendadas a avaliação econômica, para um investimento de R\$ 29.416,00, apresentou índices de payback 4,9 anos, VPL 56.137,86 e TIR 53%. No resultado final, prevê-se uma redução superior a R\$ 6.000,00 mensais na tarifa de energia elétrica que representam um total de 40,72%.

Palavras-chave: eficiência energética na indústria; tarifação; redução energética; energia elétrica.

ABSTRACT

This work presents an energy efficient design and power management in a lubricants industry that aims to contribute to the reduction of energy losses during the manufacturing process. Among all sectors, industrial activity is the largest consumer of energy. Thus, this study proposes a model of efficient and economical use of energy, focusing on energy-intensive consumers in the industry; basing the pillars of the organization, planning and control of energy usage. To that end, structured up an energy management project with the possibility of providing the consumer with economic, operational and safety benefits, making it competitive in the market where it operates, in addition to providing environmental benefits indirectly. The methodology was based on theoretical evaluations and technical actions with monitoring of production activities, recommending feasible and economically viable changes to industrial energy efficiency. Thus, the paper presents suggestions on techniques and technologies to be applied in the industry where the study was conducted. Regarding 'recommended changes to economic evaluation, for an investment of R \$ 29,416.00, presented rates of 4.9 years payback, NPV and IRR 53% 56137.86. In the final result, we anticipate a greater reduction will R \$ 6,000.00 per month in electricity tariff, representing a total of 40.72%.

Keywords: energy efficiency in industry; pricing; energy reduction; electricity.

1. INTRODUÇÃO

A energia é um componente fundamental para o ser humano e para a sociedade moderna, e a sua utilização impacta diretamente no desenvolvimento econômico e social das nações. O desenvolvimento econômico, a qualidade de vida, de trabalho e de serviço são dependentes de um sistema energético com capacidade de fornecimento contínuo, abundante, de qualidade e custo reduzido. Portanto, o crescimento econômico de um país está diretamente relacionado ao consumo de energia.

Dentre as formas de energia, a energia elétrica se transformou na mais utilizada, devido a versatilidade econômica, e disponibilidade instantânea para os consumidores finais, tornando-se indispensável para o ser humano em todas as suas atividades [GOMES-EXPOSITO *et al*, 2011].

A energia elétrica, entretanto, apresenta um problema intrínseco e bastante sério: o frágil equilíbrio entre a geração e demanda. Com o aumento de consumo de energia no mundo e o problema de produção de energia na mesma escala, governos e sociedade estão cada vez mais preocupados com o uso racional e eficiente das diversas formas de energia, e dentre estas formas a energia elétrica, que é o foco deste trabalho.

O panorama atual do setor elétrico brasileiro e da competitividade capitalista, induziu todos os setores da indústria a se preocuparem com ações de conservação de energia e gestão do uso de eletricidade.

O Brasil, com cifras elevadas em relação a compra de energia elétrica junto ao mercado competitivo, obrigam ao empresariado articular ações internas de combate ao desperdício e uso racional da eletricidade. Isto ocorre porque inúmeras indústrias pagam valores elevados em suas faturas, principalmente as eletrointensivas¹.

No entanto, diariamente acompanham-se constantes ações de políticas governamentais que atrasam o setor industrial nacional. Tais políticas como: falência no setor petrolífero, tarifação elevada da energia elétrica, preço elevado dos combustíveis derivados do petróleo, constantes aumentos no gás residencial e, aumentos proeminentes de impostos e insumos que chegam a representar mais de cinquenta por cento do real consumo de energia [GODOI, 2011].

¹Empresas que tem o maior insumo a conta de energia elétrica, termo energointensiva, também é utilizado para alguns casos.

Salienta-se ainda que quando se compara as práticas com diversos países com as nacionais, observa-se que o Brasil é o primeiro no *ranking* dos maiores custos de impostos no mundo.

Desta forma, as ações de eficiência energética são fundamentais para a redução de custos nas produções industriais, elevando a lucratividade do setor e permitindo a concorrência dentro do mercado capitalista. Estas ações também são importantes para a otimização do uso dos recursos energéticos primários², a conservação de energia, o combate ao desperdício, a racionalização, e as contribuições para o meio ambiente.

Dado o exposto, este trabalho objetiva incorporar medidas de eficiência energética em uma indústria e assim identificar o uso correto e racional da energia elétrica. O intuito desta ação é aumentar a lucratividade de uma organização, ajudar indiretamente a preservar o meio ambiente, otimizar o uso da energia elétrica e promover a conscientização sobre toda a fragilidade do setor elétrico no que diz respeito a geração e consumo de energia.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO PRINCIPAL

Desenvolver um estudo de eficiência energética em uma indústria de lubrificantes derivados do petróleo.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcançar o objetivo principal várias atividades devem ser implementadas.

Desta forma, os objetivos específicos são:

- Quantificar dados dos equipamentos e do processo produtivo da indústria;
- Coletar informações sobre o uso de energia elétrica;
- Verificar o contrato de fornecimento de energia elétrica;
- Realizar um projeto propondo melhorias e soluções técnicas e novas tecnologias pertinentes;
- Propor o uso de fontes renováveis de energia;
- Apresentar análise de viabilidade econômica do estudo;

²Fontes de energia que podem ser transformadas em outras formas de energia; ex: energia solar transformada em energia elétrica, energia hidráulica transformada em energia mecânica, entre outras.

1.2. JUSTIFICATIVA

Diante dos acontecimentos com a crise do petróleo na década de 1970, os países se atentaram para o problema do fornecimento de energia.

No Brasil, o cenário acompanhou o mesmo ocorrido nos demais países, com crises no abastecimento de petróleo e problemas com o racionamento de energia elétrica. Estes fatos estão perpetuando até os dias de hoje, pois não há investimento necessário no setor energético.

Vários encontros e discussões entre nações foram realizadas para definir um modelo de ação que combatesse o desperdício de energia, preservasse o meio ambiente, definisse políticas energéticas para a redução de emissão de gases de efeito estufa, para se atingir metas para redução de poluição para as nações, desenvolvimento e investimentos em energias renováveis, entre outras discussões. Um desses encontros, foi o GEF (*Global Environment Facility*), realizado na cidade de *Johanesburg*, no ano de 2002, que determinou:

[...] “os governos deveriam adotar metas e prazos para incrementar tanto a eficiência energética quanto o uso de combustíveis renováveis baseando-se em metas existentes, como a da Comunidade Européia em atingir 12 por cento de energia renováveis até 2010 e da Índia de atingir 10 por cento na nova geração de eletricidade a partir de renováveis até 2012 [LUCON e COELHO, 2002, p.05].”

Desta forma, a eficiência energética passou formalmente a fazer parte das metas das nações com políticas energéticas para o novo milênio. Definiu-se a importância de ações de eficiência energética como objetivo prático ligado à competitividade comercial e industrial, a segurança energética, e a importância de benefícios ambientais [LEITE apud PATTERSON, 2010].

Nota-se que com o aumento contínuo do consumo de energia no mundo, governos e sociedade estão cada vez mais preocupados com medidas de uso racional das diversas formas de energia. A energia elétrica aparece como uma das preocupações de alta importância do governo brasileiro. O mesmo criou o órgão PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica), vinculado a ELETROBRÁS, que é o responsável direto pela execução das políticas de efficientização energética, atuando em diferentes formas tais como na educação, no financiamento, na promoção, no incentivo, e na etiquetagem de equipamentos elétricos, permitindo ao consumidor o esclarecimento sobre a eficiência energética do produto adquirido.

Outro fator importante e motivador é o fato das discussões sobre o racionamento e da interrupção no fornecimento de energia elétrica, uma vez que o tema é alvo de incessantes notícias nacionais referentes a escassez de chuvas nas regiões das barragens das usinas hidroelétricas e a postura do governo diante dos investimentos para suprir o setor.

Além de todas as questões governamentais, de sustentabilidade, de economia, de conservação de energia, outro fator determinante para a realização de ações de eficiência energética na indústria é:

“ [...] o crescimento incessante, e proeminente, dos tributos e encargos sobre a energia, os quais pressionam os custos de produção no Brasil [GODOI, 2011, p.23].”

Devido a problemática exposta, nota-se a importância de se desenvolver trabalhos de eficiência energética, com uso racional da eletricidade e a otimização do uso energia elétrica no setor industrial, que é o foco deste estudo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. TEORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA INDUSTRIAL

O uso da energia é de extrema importância para a sobrevivência e conforto do ser humano. Desde os tempos pré-históricos, o ser humano já utilizava o fogo para aquecer, cozinhar e proteger. E, este processo se perpetuou, na conformação de metais, desmatamento de florestas, até surgirem máquinas movidas à vapor. Estas máquinas foram utilizadas para mover eixos, embarcações, locomotivas e muito mais. Ou seja, o fogo como forma de energia foi e ainda é importante para o bem estar do ser humano.

Ainda no recente contexto da revolução industrial (sec. XVIII), que aconteceu antes da ‘invenção da eletricidade’, utilizavam o carvão para ser queimado, gerando fogo, logo aquecendo caldeiras e criando vapor. Este vapor movimentava pás que são acopladas a eixos. Hoje em dia, o processo é bastante similar, porém utiliza-se a eletricidade para mover estes eixos, através de conversores eletromecânicos de energia, mais conhecidos como motores elétricos.

Observa-se portanto que existe uma constante transformação de energia, em todo o nosso planeta, desde o alimento ingerido pelo ser humano, passando pela conversão hidroelétrica nas usinas até a conversão da energia elétrica em energia mecânica dentro das indústrias. Indo mais além, o nosso planeta é regido pelas leis da termodinâmica [GOLDENBERG, 2012].

Na atualidade utiliza-se a energia para aquecer, refrescar, iluminar, preparar alimentos, conservar alimentos, trazer água para nossas casas, mover automóveis, aviões e outros meios de transportes, gerenciar informações, nos processos de fabricações industriais, entre outros.

Devido a essa versatilidade, o uso de energia aumentou 20 vezes desde 1850. Justamente esta energia que nos proporciona conforto, gera empregos e riquezas. E alguns especialistas no assunto como Geller (2002), apontam que a demanda mundial de energia deve crescer 54% até o ano 2020, representando 84% da matriz energética mundial, podendo triplicar até 2050.

Na Figura 1 são ilustrados os cenários do consumo de energia, onde pode ser observado a evolução do suprimento de energia mundial desde o ano de 1850.

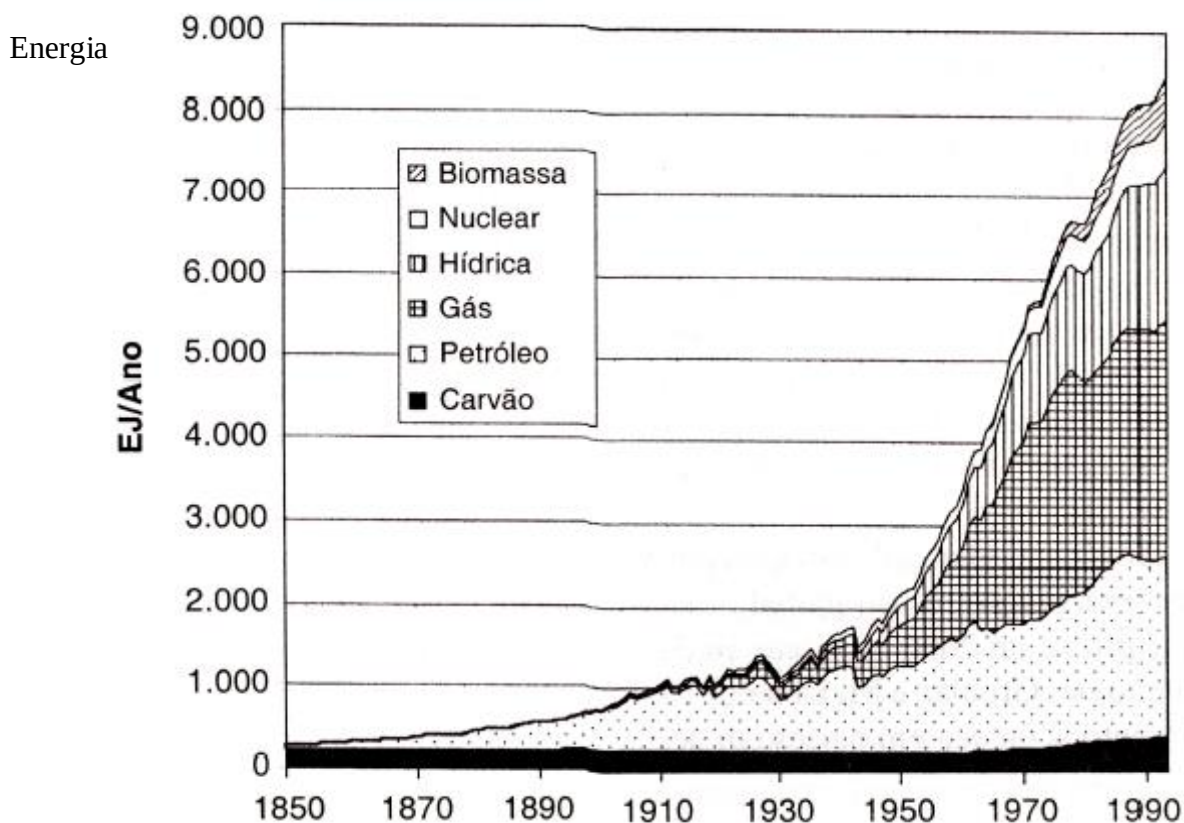


Figura 1 Gráfico do suprimento de energia no mundo entre 1850 e 1990.

Fonte: CAMACHO, 2009.

Através da Figura 1 pode-se observar que o aumento do consumo de energia sofreu um aumento bastante elevado principalmente nas ultimas décadas. Levando à conclusão que o ser humano esta cada vez mais dependente do uso de energia.

O contexto energético mundial é bastante diferente do nacional. Atualmente o Brasil gera mais de 65,2% de energia elétrica através de usinas hidroelétricas, enquanto no restante do globo esta realidade é de 40%. Isto nos faz um dos países mais sustentáveis na produção de energia [REIS, 2011].

Nos últimos 35 anos o Brasil enfrentou vários desafios de ordem política, institucional e tecnológica se tratando do setor energético. Desde a construção de várias usinas geradoras de energia elétrica até a criação de inúmeras empresas, ministérios e programas comandados pelo governo.

Haddad *et al* (2006) ressalta que o setor elétrico nacional atravessou uma profunda crise no ano de 1995, quando foi observado que a energia elétrica produzida estava em *défict* com a energia elétrica consumida, inviabilizando o desenvolvimento econômico do país. Naquele ano, o setor era uma empresa estatal, monopolizada pelo governo.

No período compreendido entre os anos de 1995 e 2000, Haddad et al (2006) aponta importantes mudanças no setor, tais foram:

- Privatização das concessionárias que não dispunham de recursos para investir na expansão e modernidade do sistema;
- Limitação do monopólio da Petrobrás na extração e distribuição de combustíveis;
- Desregulamentação do setor, com a criação do marco regulatório;
- Fiscalização do estado através da Agência Nacional do Petróleo (ANP) e da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL);
- Liberação para produtores independentes, auto-produtores e concessionários de serviço público.

Estas mudanças foram vistas pelo governo como uma solução para o problema de balanço energético (oferta de energia X demanda), conseguindo recursos financiados pelo setor privado. Porém, este quadro não foi alcançado; investidores estrangeiros abandonaram seus projetos devido à falta de garantias e incertezas que perambulavam o país. As construções de novas usinas hidroelétricas esbarravam nos licenciamentos ambientais e o preço da energia (MWh) no mercado atacadista desanimava qualquer investidor [CAMACHO, 2009].

Estas causas, somadas ao crescimento do país, indicavam um cenário de nova crise no setor elétrico nacional [HADDAD *et al*, 2006].

Diante de todos estes problemas o governo criou o Plano Nacional Energético para 2030 (PNE-2030). Este é um documento que consolida vários estudos desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisas Energéticas (EPE) feita a mando do Ministério de Minas e Energia (MME). O PNE-2030 examinou o uso dos recursos energéticos, e foi desenvolvido à partir de notas técnicas e discussões públicas em seminários promovidos pelo MME que contaram com a participação de especialistas no assunto, universidades e partes da sociedade, utilizando modelos matemáticos para elaboração dos assuntos [CAMACHO, 2009].

Fundamentando no resgate e no compromisso do estado em assegurar as condições de infraestrutura básica para dar sustentação ao desenvolvimento econômico e social do Brasil, foi estabelecido um novo padrão institucional do setor elétrico.

Camacho (2009) explica que o PNE 2030 foi elaborado por uma série de estudos que envolveram análise das perspectivas da economia mundial e brasileira, das perspectivas de uso e da competitividade dos recursos energéticos, da segurança de fornecimento, dos aspectos socioambientais voltados à expansão da oferta, da capacitação industrial, do desenvolvimento tecnológico e da eficiência energética.

Segundo Pereira (2009), eficiência energética é um conjunto de atividades sistêmicas que visam otimizar ao máximo, o uso de energia de fontes disponíveis em nosso meio ambiente.

Tratando de sistemas de conversão de energia, o conceito de eficiência energética, está ligado à minimização de perdas na conversão de energia primária em energia útil, que realiza trabalho. As perdas são intrínsecas no processo de conversão de energia, e ocorrem com qualquer tipo de energia, seja térmica, mecânica ou elétrica [CAMACHO, 2009].

No contexto da energia elétrica, Capelli (2013) explica de uma forma mais direta que:

“ Eficiência energética é uma filosofia de trabalho que visa otimizar a utilização da energia elétrica por meio de orientações, direcionamentos, ações e controle dos recursos humanos, materiais e econômicos, reduzindo os índices globais e específicos da quantidade de energia necessária para a obtenção do mesmo resultado ou produto [CAPELLI, pg. 172, 2013].”

Conforme citado anteriormente, em todo processo de conversão de energia existem perdas, porém boa parte, boa parte da energia é desperdiçada em equipamentos obsoletos, mal alocados, sobre dimensionados, em transportes ineficientes, falta de logística, falta de gerenciamento, mau uso e falta de ações de eficiência energética.

2.2. A IMPORTÂNCIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A indústria é o setor que mais consome a energia produzida por nós. E esta fatia tende a acompanhar às necessidades mercadológicas da população mundial.

A matriz energética de uma nação, representada pela quantificação da oferta interna de energia, é obtida pela soma aritmética das perdas e do consumo final [SOLA, 2006].

O estudo e controle destas variáveis é tão importante para a soberania de um país que o governo criou a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) com a finalidade de estudar e pesquisar tudo o que permeia o tema energia, para embasar o planejamento energético do País.

Estes estudos são quantificados anualmente em um relatório chamado Balanço Energético Nacional (BEN), que por sua vez quantifica numericamente: oferta interna, reservas, consumo final, produção e centros de transformação, cogeração, importação, exportação dos diversos energéticos que compõem a matriz energética nacional [EPE – BEN, 2007].

A Tabela 1 apresenta os números da oferta interna de energia, importação, exportação e perdas no processo do uso de energia entre os anos de 1970 e 2006.

Tabela 1 Oferta de energia no Brasil entre os anos de 1970 e 2006.

	1970	1980	1990	2000	2005	2006	% 06 / 05 ³
OFERTA INTERNA DE ENERGIA	66,9	114,8	142,0	190,6	218,7	226,1	3,4
Produção de Energia (+)	49,6	66,4	107,6	153,3	200,5	211,5	5,5
Petróleo	8,2	9,3	32,5	63,8	84,3	89,0	5,5
Gás Natural	1,3	2,2	6,2	13,2	17,6	17,6	0,0
Carvão Mineral	1,1	2,5	1,9	2,6	2,5	2,3	-7,9
Urânio	0,0	0,0	0,1	0,1	1,3	2,3	78,6
Hidráulica	3,4	11,1	17,8	26,2	29,0	30,0	3,4
Biomassa ¹	35,7	41,4	49,1	47,4	65,8	70,4	6,9
Importação (+)	20,2	50,3	43,2	51,8	58,2	58,3	0,2
Petróleo e Derivados	18,7	46,6	32,5	34,5	28,0	29,2	4,0
Gás Natural	0,0	0,0	0,0	1,9	7,9	8,6	8,8
Carvão Mineral e Derivados	1,5	3,7	7,9	10,9	11,3	11,0	-3,4
Urânio	0,0	0,0	0,0	0,6	7,5	5,9	-20,6
Eleticidade	0,0	0,0	2,3	3,8	3,4	3,6	5,7
Biomassa ²	0,0	0,0	0,6	0,0	0,1	0,1	75,0
Exportação (-)	1,0	2,1	5,0	9,7	29,0	35,0	20,6
Petróleo e Derivados	1,0	2,0	5,0	9,6	27,8	33,2	19,7
Biomassa ²	0,0	0,2	0,0	0,1	1,3	1,8	40,9
Variação de Estoque, Não Aproveitada e Reinjeção (+) ou (-)	-2,0	0,2	-3,9	-4,9	-11,0	-8,7	-20,9
Perdas e Ajustes (-)	4,8	10,2	14,1	20,2	22,4	23,2	3,7
Perdas na Transformação (-)	3,8	7,7	10,8	13,6	16,1	16,5	2,6
Perdas de Transmissão e Distribuição (-)	0,9	2,6	3,5	5,9	6,5	6,7	3,3
Ajustes Estatísticos (+) ou (-)	0,0	-0,1	-0,1	0,8	-0,2	0,0	-
Consumo Final de Energia (-)	62,1	104,4	127,6	171,9	195,9	202,9	3,6

Fonte: BEN, 2004.

Sola (2006) comenta que para o governo, ser energeticamente eficiente, deve-se aproximar a oferta de energia ao consumo final, garantindo a disponibilidade de energéticos à preços acessíveis e viáveis, minimizando perdas no sistema, garantindo a maior disponibilidade possível. A Tabela 1 apresenta esta oferta de energia interna, da

qual esta em crescimento, fazendo com que o governo se programe cada vez mais com o problema da possível falta de energia.

Observa-se que energia elétrica representa 16,53% do consumo energético nacional, sendo as indústrias responsáveis por 47,11 % deste consumo [EPE - BEN 2007, p.30].

Dentro de organizações, a busca por soluções que reduzem tarifas de energia e impactos ambientais, consolidaram planos internos de eficiência energética. Estes projetos são aqueles que resultam em economia e benefícios para o consumidor e meio ambiente, com ações de combate ao desperdício de energia, modernização de instalações e processos, gerenciamento, logística, uso consciente e racionalização.

Goldenberg (2012) enumera as vantagens da eficiência energética:

- atenta-se que o custo da economia de energia é inferior ao da geração;
- aumenta-se a segurança no fornecimento, poupando-se recursos que são finitos;
- observa-se ganhos micro e macroeconômicos associados a um aumento de produtividade e de competitividade industrial;
- aumenta-se a disponibilidade de acesso a serviços de energia e
- reduzem-se os impactos ambientais, em especial a emissão de gases poluentes e de efeito estufa.

Por todos estes motivos, planos e ações de eficiência energética são importantes para organizações, para o meio ambiente, para a sociedade e qualidade de vida do ser humano.

Com relação à eficiência energética industrial, uma ação completa deve seguir as etapas seguintes [CAPELLI, 2013]:

1. Diagnóstico Energético:

Nesta etapa são investigados: Carga e tipos de uso final da eletricidade, que compreende a instalação elétrica e todos os circuitos dentro da organização (iluminação, motores elétricos, condicionadores de ar, transformadores entre outros); Tarifação energética; Equipamentos, tecnologia e aparelhos; Gestão e uso de energia elétrica.

2. Plano de Eficiência Energética:

Nesta etapa é o momento em que toda a instalação será revisada, verifica-se então: Necessidade de aquisição de materiais tecnológicos e troca de

equipamentos obsoletos; Elaboração do plano do uso de energia elétrica; Estudo de viabilidade econômica.

3. Execução do Plano: Neste momento todos os parâmetros serão colocados em prática, tais como: alterações no contrato de prestação do serviço de energia elétrica, na instalação elétrica, no horário de partida e funcionamento de motores elétricos, na troca de equipamentos obsoletos ou de baixa eficiência, entre outros.
4. Acompanhamento do Plano de Eficiência energética: Este instante é o mais oneroso, pois a equipe deve trabalhar e fiscalizar todos os pontos, afim de ratificar e corroborar o plano executado anteriormente. É um trabalho contínuo, constante e requer muito empenho da equipe envolvida, dos colaboradores da organização e principalmente da diretoria da empresa.

Portanto segue a importância de revisar toda a teoria pertinente, assim como abordar técnicas e tecnologias de promover a eficiência energética.

2.3. ILUMINAÇÃO INDUSTRIAL

Os ambientes industriais requerem uma iluminação suficientemente adequada para que todas as atividades internas sejam realizadas com rapidez, eficiência, eficácia e o melhor rendimento possível.

O conhecimento técnico, portanto, com relação às normas regulamentadoras, as tecnologias disponíveis no mercado e a verificação da atual situação dos componentes da iluminação industrial são determinantes para se obter a eficiência energética. Este conhecimento é denominado pela literatura mundial de luminotécnica³, que consiste numa série de regras, modelos matemáticos, componentes disponíveis no mercado e uso correto do sistema de iluminação.

Tais fundamentos são importantes para realização do projeto de luminotécnica.

Barros (2013) enumera os problemas mais frequentes relacionados com sistemas de iluminação:

- Aproveitamento inadequado da iluminação natural;
- Utilização de equipamentos com baixa eficiência luminosa;
- Utilização de equipamentos e lâmpadas inadequados em função da atividade local;

³ É o termo usado para o estudo de aplicação de iluminação artificial interna e externa em todos os tipos de ambientes.

- Falta de comandos para acionar grupos de luminárias;
- Ausência de manutenção preventiva, o que leva a comprometer a eficiência do sistema;
- Comportamento dos usuários;
- Desconhecimento de conceitos luminotécnicos;
- Fatores relacionados com o ambiente, tais como layout e disposição e cor das divisórias, cor do piso, teto e paredes e mobiliário entre outros;

O conhecimento e empenho nestes itens descritos acima auxiliam na eficiência energética com relação à iluminação.

Capelli (2013) apresenta outras práticas que ajudam na conservação de energia:

- Verificar a possibilidade de instalação de sensores de presença em ambientes com *halls*, banheiros, corredores, almoxarifados, entre outros;
- Retirar das luminárias os difusores e as grades, pois têm efeito apenas decorativo;
- Usar iluminação localizada, como luminárias de mesa, requer menos potência do que iluminar o ambiente todo;
- Usar telhas translúcidas ou transparentes em galpões;
- Substituir reatores magnéticos por reatores eletrônicos com alto fator de potência (maior ou igual a 0,92);
- Rebaixar a altura das luminárias;
- Usar luminárias espelhadas;
- Entre outras.

Os Componentes do sistema de iluminação industrial são:

- Lâmpadas;
- Luminárias;
- Reatores;
- Sensores;
- Minuteiras;
- Relés;
- *Dimmers* (Potenciômetros).

Alguns destes componentes serão descritos nas subseções seguintes.

2.3.1. LÂMPADAS

As lâmpadas convertem energia elétrica em energia luminosa, fornecendo luminosidade com o auxílio das luminárias.

Existem inúmeros tipos de lâmpadas, algumas mais eficientes que outras. Entretanto, a escolha é determinada pelo local, atividade e custos a serem atendidos.

Os tipos de lâmpadas elétricas mais comuns são [CREDER, 2009]:

- Incandescentes;
- Descargas;
- Estado sólido – LED (*Light Emitting Diode*).

Lâmpadas Incandescentes

As lâmpadas incandescentes são as mais baratas encontradas no mercado, por isso, durante muitos anos foram as mais utilizadas, entretanto perderam lugar para lâmpadas mais eficientes.

Filho (2012) apresenta as principais características das lâmpadas incandescentes:

- Vida útil: entre 600 e 1000 horas;
- Eficiência luminosa média: 15 lúmens/watts;
- As lâmpadas de tensão mais baixa apresentam maior rendimento;
- O rendimento cresce com a potência;
- A vida útil depende da tensão de alimentação⁴.

Vários países do mundo já aboliram a fabricação deste tipo de lâmpadas, inclusive o Brasil já está vetando gradativamente todas as faixas de potências encontradas no mercado.

Lâmpadas fluorescentes

São indicadas para a iluminação de interiores, como escritórios, lojas, indústrias, devido ao seu ótimo desempenho. Possuem baixo custo, não consomem muita energia, tem uma vida útil relativamente viável e possuem uma boa eficiência.

Estas lâmpadas apresentam uma eficiência luminosa que varia de 40 a 80 lúmens/watt, e a vida útil compreende entre 7500 e 12000 horas de operação [FILHO, 2012].

Este tipo de lâmpada permite um razoável destaque das cores, e não liberam calor. No entanto as lâmpadas fluorescentes necessitam de reatores para funcionarem,

⁴Para cada 10 % de sobretensão, sua vida útil reduz-se de 50% [FILHO, 2012].

pois estas não podem controlar o fluxo de corrente. Assim estes reatores são ligados entre as extremidades da lâmpada para limitar o valor da corrente elétrica.

Lâmpadas de vapor de mercúrio

As lâmpadas de vapor de mercúrio recebem este nome porque no tubo de descarga contém algumas gotas de mercúrio e gás inerte (argônio). A finalidade do gás inerte é facilitar a formação de descarga inicial.

A eficiência destas lâmpadas é cerca de 55 *lúmens/watt*, que é um valor elevado se comparado com outras lâmpadas. A vida útil é de 18.000 horas [FILHO, 2012].

Estas são utilizadas em vias públicas, estádios esportivos, praças e em áreas cobertas de grandes proporções. Possuem uma vida longa e alta eficiência, por isso são indicadas para galpões de alto pé-direito, onde o custo de substituição das lâmpadas e reatores é elevado [CREDER, 2009].

Lâmpadas vapor de sódio de alta pressão

As lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão são constituídas de um tubo de descarga que contém sódio que se vaporiza durante o período de acendimento. Utiliza-se também um gás inerte (xenônio) em alta pressão, para se obter baixa tensão no momento da ignição [FILHO, 2012].

A eficiência luminosa é de 130 *lúmens/watt* e sua vida útil de 18.000 horas de operação [FILHO, 2012].

Estas lâmpadas apresentam a melhor eficiência luminosa, por isso, para o mesmo nível de iluminação, pode-se economizar mais energia do que em qualquer outro tipo de lâmpada. Elas são indicadas para vias públicas, áreas externas, e indústrias [CREDER, 2009].

A Figura 2 apresenta o gráfico comparativo entre a eficiência energética das lâmpadas. No eixo horizontal do gráfico, estão contidas a maioria das lâmpadas encontradas no mercado, e no eixo vertical, a eficiência energética da cada lâmpada mediada em lúmen por watt. Observa-se que a lâmpada incandescente é a que representa a pior eficiência.

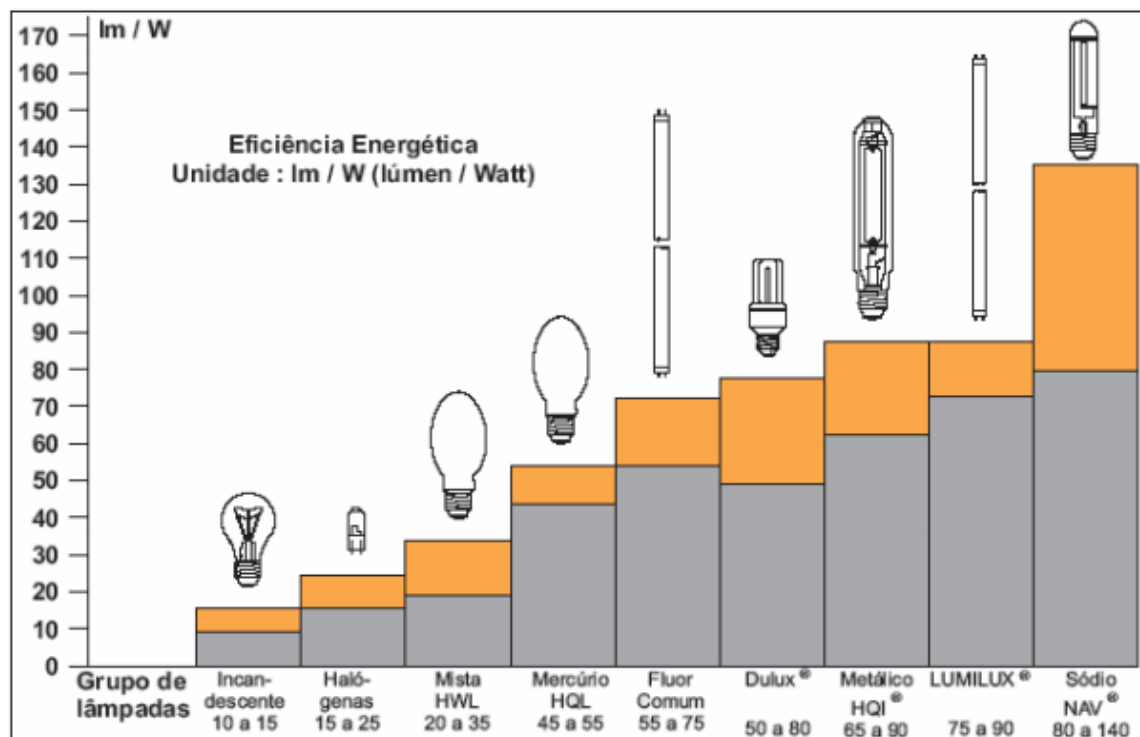


Figura 2 Eficiência energética de lâmpadas.
Fonte: CREDER, 2009.

2.3.2. REATORES

Para o funcionamento de lâmpadas fluorescentes é indispensável o uso de reatores. Estes são constituídos de uma bobina com núcleo de ferro ligado em série e tem duas funções: elevar a tensão e limitar a corrente elétrica [CREDER, 2009].

Os reatores realizam preaquecimento dos filamentos da lâmpada fluorescente e operam em conjunto com um dispositivo de chaveamento que pode ser mecânico (chave liga/desliga) ou térmico (*starter*) [CREDER, 2009].

Atualmente, o mercado dispõe de um tipo de reator mais eficiente, menor, mais econômico e mais leve, que é o reator eletrônico. Este pode apresentar uma economia de energia de até 25% [CAPELLI, 2013].

2.3.3. LUMINÁRIAS

Luminárias são componentes destinados à fixação de lâmpadas, e segundo Filho (2012) apresentam as seguintes características:

- São visualmente agradáveis;
- Modificam o fluxo luminoso da fonte de luz;
- Possibilitam fácil instalação e posterior manutenção.

2.3.4. SENSORES DE PRESENÇA

São aparelhos instalados em pontos estratégicos de recintos, que acusam a presença de pessoas ou automóveis, podendo ligar ou desligar lâmpadas. Estes substituem o uso de interruptores liga/desliga.

Os sensores também são utilizados em serviços de segurança de patrimônios. Para ações de eficiência energética, são muito úteis, pois muitos usuários não desligam luzes ou aparelhos quando saem de recintos por longo tempo.

2.3.5. REGRAS E CÁLCULOS DE ILUMINAMENTO

Para projetar um sistema de iluminação industrial, vários aspectos devem ser considerados, tais como:

- Custo dos materiais;
- Componentes disponíveis no mercado
- Tabelas de fabricantes;
- Utilização da iluminação no ambiente;
- Projeto;
- Instrução e capacitação dos usuários;
- Manutenções;
- Entre outros.

A Tabela 2 apresenta o nível de iluminação que cada área ou recinto deve apresentar, levando em conta a atividade realizada. A Tabela 2 divide-se em três classes, com as devidas sub-classes. O valor da iluminância, medido em *lux* é especificado para cada sub-classe, levando em conta o tipo de atividade.

Tabela 2 Nível de iluminamento de ambientes.

Classe	Iluminância (lux)	Tipo de Atividade
A Iluminação geral para áreas usadas interruptamente ou com tarefas visuais simples	20 - 30 - 50	Áreas públicas com arredores escuros.
	50 - 75 - 100	Orientação simples para permanência curta.
	100 - 150 - 200	Recintos não usados para trabalho contínuo; depósitos.
	200 - 300 - 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios.
B Iluminação geral para área de trabalho	500 - 750 - 1000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios.
	1000 - 1500 - 2000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupa.
C Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	2000 - 3000 - 5000	Tarefas visuais muito exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno.
	5000 - 7500 - 10000	Tarefas visuais muito exatas e prolongadas, montagem de microeletrônica.
	10000 - 15000 - 20000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia

Fonte: CREDER, 2009.

Existem quatro métodos de cálculos para se determinar a iluminação para cada tipo de ambientes.

Os métodos são:

- Método dos lúmens;
- Método das cavidades zonais;
- Método do ponto por ponto;
- Carga mínima exigida pelas normas.

O método mais utilizado em projetos de luminotécnica é o método dos lúmens, pois este é o mais simples e de fácil aplicação, e será descrito a seguir.

Método de lúmens

Este método é baseado na determinação do fluxo luminoso necessário para se obter um iluminamento desejado médio para executar a tarefa previamente selecionada.

A Equação 1 é utilizada para calcular o fluxo luminoso [CREDER, 2009]:

$$\Phi = \frac{E \times S}{\mu \times d} \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo:

Φ =Fluxo luminoso, em lúmens;

E= Iluminância ou nível de iluminamento, em lux;

S= área do recinto, em m²;

μ =Coeficiente de utilização;

d= Fator ou coeficiente de depreciação.

A Tabela 3, orienta sobre o fator de depreciação (d), que é uma variável da Equação 1.

Tabela 3 Fator de depreciação de iluminação.

Tipos de aparelho	Fator de depreciação (d)
Aparelhos para embutir lâmpadas incandescentes	0,85
Aparelhos para embutir lâmpadas refletoras	
Calha aberta e chanfrada	0,80
Refletor industrial para lâmpadas incandescentes	
Luminária comercial	0,75
Luminária ampla utilizada em linhas contínuas	
Refletor parabólico para duas lâmpadas incandescentes	0,70
Refletor industrial para lâmpada VM	
Aparelho para lâmpada incandescente para iluminação indireta	
Luminária industrial do tipo miller	
Luminária com difusor de acrílico	
Globo de vidro fechado para lâmpada incandescente	0,60
Refletor com difusor plástico	
Luminária comercial para lâmpada high output colméia	
Luminária para lâmpada fluorescente para iluminação indireta	

Fonte : CREDER, 2009.

A partir do fluxo luminoso total necessário, determina-se o número de lâmpadas com a Equação 2[CREDER, 2009].

$$n = \frac{\Phi}{\phi} \quad (\text{Equação 2})$$

Sendo:

n= número de lâmpadas;

 Φ = Fluxo luminoso, em lúmens; ϕ = Fluxo luminoso de cada lâmpada, em lúmens.

Portanto, desta forma o sistema de iluminação industrial torna-se eficiente.

2.4. MOTORES ELÉTRICOS

O motor elétrico é uma máquina destinada a converter a energia elétrica em energia mecânica. Os motores utilizam o princípio de indução magnética e podem ser acionados por um comando simples ou controlado [BARROS *et al*, 2010].

No Brasil, cerca de 48% da energia elétrica consumida se destina ao consumo industrial. Por sua vez, 55% desta energia é utilizada para realizar trabalho mecânico. Ou seja, os motores elétricos consomem 26% da energia elétrica produzida pela nação [CAPELLI, 2013].

Observa-se que um fator importante são os acionamentos dos motores, pois para obter o correto controle e conservação de energia, os motores podem utilizar os seguintes dispositivos para o momento de sua partida:

- Inversor de frequência;
- *Soft-starter* (partida suave);
- Partida estrela-triângulo;
- Partida com chave compensadora;
- Partida com chave série-paralela.
- Entre outras.

O motor de corrente alternada trifásico com rotor tipo gaiola de esquilo é o mais encontrado nas indústrias. São utilizados em aplicações de pequenas e médias potências onde não são requeridas a velocidade exclusivamente contínua [CREDER, 2009].

2.4.1. MOTOR TRIFÁSICO ASSÍNCRONO COM ROTOR TIPO GAIOLA DE ESQUILO

O princípio de funcionamento deste motor envolve a indução no rotor, pelo campo girante do estator que, quando energizadas produzem uma corrente elétrica no rotor cujo campo magnético tenta acompanhar o campo girante no estator [NASCIMENTO, 2011].

Os fabricantes de motores elétricos são obrigados a inserir uma placa que apresenta todos os dados do motor. Tais dados são: potência, tensão, corrente nominal, rendimento, fator de potência, entre outros dados. Estas especificações são regidas pela NBR- 7094 (ABNT-2004).

Estas especificações ajudam a verificar a instalação elétrica do motor, a eficiência, o rendimento, a corrente nominal entre outros. Portanto, são dados importantes para medir a eficiência energética do sistema.

Na maioria das vezes as placas de motores contém o nome do fabricante em destaque, seguido pelo tipo de motor e número de fases que o motor opera. Na Figura 3, é apresentado uma placa de motor trifásico (3~) tipo motor de indução gaiola, conforme solicitado pela NBR-7094 (ABNT-2004).

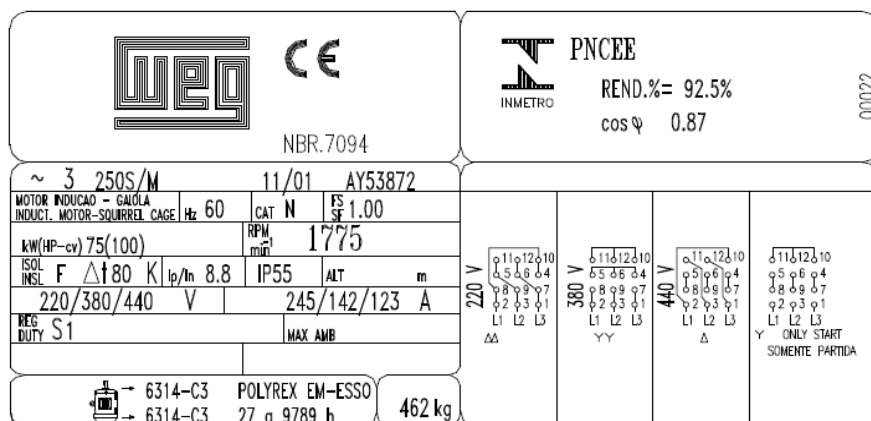


Figura 3 Placa de motor elétrico.
Fonte: NASCIMENTO, 2014.

A frequência de trabalho do motor também é indicada na placa. A potência do motor da Figura 3 é de 100 cavalos-vapor, contudo os motores tem suas potências apresentadas em CV (cavalo – vapor) e em kW (quilowatt).

A NBR-7094 (ABNT-2004) classifica os motores elétricos em três categorias, de acordo com a curva característica do torque no momento da partida. Estas categorias são: N, H e D.

É possível contemplar as diferenças das curvas características de partida de motores elétricos na Figura 4.

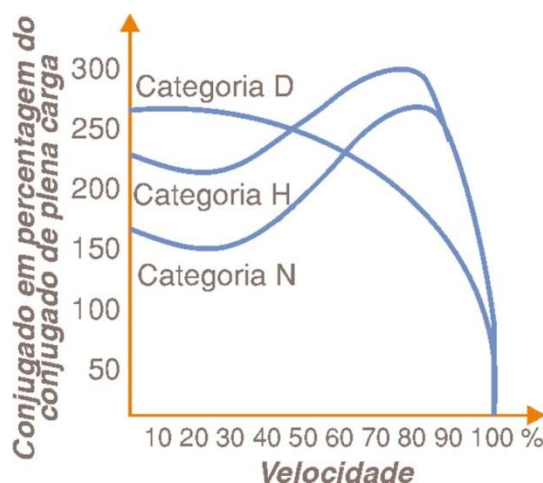


Figura 4 Curva característica de torque em função da categoria do motor.
Fonte: FILHO, 2014.

A Figura 4 apresenta um gráfico com dois eixos ortogonais, sendo que no eixo das abscissas estão representadas as velocidades (%), e o eixo das ordenadas contém os valores do conjugado a plena carga, também em percentagem.

É importante compreender cada característica de torque nas partidas de motores, pois a utilização errada pode causar um nível de eficiência energética baixa.

A categoria N engloba a maioria dos motores encontrados em indústrias, cuja aplicação típica é o regime normal de trabalho (motores que exigem baixo torque de partida comparados aos motores das categorias H e D). Nesta categoria, o torque de partida é mediano, bem como sua corrente de partida, e o escorregamento (diferença de velocidade entre o campo girante e o rotor) é baixo. As aplicações para este caso são: bombas, máquinas operatrizes e ventiladores [CAPELLI, 2013].

A categoria H é recomendada aos sistemas que exigem maior torque de partida, como peneiras, transportadoras de carga de alta inércia, entre outros. Nesta categoria os motores se comportam: com alto torque de partida, corrente de partida mediana e escorregamento baixo [CAPELLI, 2013].

Os motores da categoria D são usados em elevadores, prensas excêntricas e máquinas semelhantes. Neste caso, no momento da partida, o torque é altíssimo e a corrente também [CAPELLI, 2013].

Um dado bastante importante especificado na Figura 3, é o I_p/I_n , que é a relação entre a corrente de partida e corrente nominal. Este dado indica quantos amperês a corrente de partida pode aumentar em relação a corrente normal de trabalho. Esta corrente de partida pode danificar componentes de comando e ultrapassar limites contratados no fornecimento de energia elétrica junto à concessionária.

A Tabela 4 compara os cinco tipos existentes de corrente de partida para motores com enrolamento tipo gaiola. Na letra código A, a corrente de partida pode atingir até seis vezes a corrente nominal do motor especificada pelo fabricante.

A corrente de partida de motores é especificada conforme na Tabela 4, que ajuda a explicar o quanto a corrente pode aumentar no momento da partida.

Tabela 4 Corrente de partida em motores elétricos tipo gaiola (NBR, 2003).

A	ALTA	Até $6 \times I_N$
B	NORMAL	$3,80$ a $6,00 \times I_N$
C	NORMAL	$3,80$ a $6,00 \times I_N$
D	NORMAL	$3,80$ a $6,00 \times I_N$
F	BAIXA	Até $4 \times I_N$

Fonte: CREDER, 2009.

A placa de motores elétricos também apresenta outras duas informações determinantes na verificação da eficiência energética do sistema. Rendimento do motor (medido em porcentagem) e o fator de potência ($\cos \phi$).

O rendimento de um motor elétrico é a representação em porcentagem da parcela de energia elétrica transformada em energia mecânica. Na Figura 3, o rendimento do motor em questão é de 92%, ou seja 8% são desperdiçados em formas de

perdas mecânicas e por aquecimento, e o restante realmente é convertido em trabalho mecânico.

A definição dos valores de rendimentos e perdas para motores elétricos são definidos pela NBR-7094 (2004), que por sua vez trata não somente do rendimento ou corrente de partida, mas também todos os parâmetros encontrados na teoria sobre máquinas elétricas girantes. Esta norma não define valores de rendimento para motores elétricos da linha-padrão, somente define os valores para motores de alto rendimento.

O fator potência do motor, é representado pela abreviação $\cos(\varphi)$, que significa cosseno do ângulo de defasagem entre a tensão e a corrente elétrica. Este conceito será discutido no capítulo 2.10.

A Equação 3 e a Equação 4 são utilizadas para se calcular corretamente a potência de motores elétricos para casos de elevação de carga e ventilação [FILHO, 2012].

Elevação de carga:

$$P_C = \frac{C \times V}{102 \times \eta} \quad (\text{Equação 3})$$

Sendo:

P_C = Potência requerida pelo motor elevador de carga, em kW;

C = Carga a ser levantada, em Kg;

V = Velocidade, em m/s;

η = Rendimento do motor.

Ventilação industrial:

$$P_V = \frac{Q \times P}{1000 \times \eta} \quad (\text{Equação 4})$$

Sendo:

P_V = Potência requerida pelo motor ventilador, em kW;

Q = Vazão, em m^3/s ;

P = Pressão, em N/m^2 ;

η = Rendimento do motor.

Para verificar a eficiência energética de motores elétricos em instalações industriais deve-se fazer a seguinte rotina:

- Verificar a corrente elétrica nominal;

- Verificar a corrente elétrica de partida;
- Verificar o subdimensionamento ou o sobredimensionamento;
- Verificar a carga conectada;
- Verificar os elementos de máquinas;
- Verificar a lubrificação;
- Verificar a ventilação do local do motor;
- Verificar o regime de trabalho.

Capelli (2013) aponta mais alguns tópicos e boas práticas que auxiliam a atingir a eficiência energética no trato de motores elétricos.

- Realizar manutenção preventiva de acordo com o número de horas e condições de operações;
- Utilizar carga maior que 50% da potência nominal, assim o rendimento será melhor;
- Evitar operar com motor a vazio. O fator de potência é muito baixo com motor vazio;
- Utilizar motores de alto rendimento;
- Equilibrar as correntes elétricas nas fases do motor;
- Ajustar corretamente os condutores elétricos;
- Verificar o alinhamento das polias;
- Executar o alinhamento de polias para evitar vibrações;
- Evitar partidas com cargas;
- Evitar rebobinamento de motores antigos;
- Evitar ligar simultaneamente motores de grande potência;

2.4.2. PARTIDA DE MOTORES ELÉTRICOS

Conforme já citado, a corrente de partida dos motores elétricos podem atingir de 6 até 10 vezes o valor da corrente nominal do motor. Este fenômeno ocorre devido às leis do eletromagnetismo intrínsecas à construção interna dos motores elétricos. Em consequência, a instalação fica submetida a uma queda de tensão normalmente muito superior aos limites estabelecidos para o funcionamento do equipamento, que pode provocar sérios distúrbios operacionais nos dispositivos de comando, de proteção e de outros circuitos [FILHO, 2012].

Portanto, é necessário atentar-se ao problema de partida de motores elétricos desde o projeto de toda a instalação. Algumas técnicas de partidas e alguns dispositivos

de comando elétrico encontrados no mercado minimizam o problema do pico de corrente elétrica que surge no momento da partida de motores. Tais técnicas são: [FILHO, 2012]

- Partida através de chave estrela-triângulo;
- Partida através de chave compensadora.

Tais dispositivos de comando elétrico são:

- *Softstarter*;
- Inversores de frequência.

A Figura 5 apresenta um comparativo entre os variados tipos de partidas em motores elétricos. Observa-se que a corrente de partida, é elevada em todas as configurações. A relação custo-benefício é que vai orientar qual o tipo de partida deve ser empregada.

Ao contrário da partida direta, a partida estrela-triângulo suaviza o efeito de partida de motores elétricos. Porém não são todos os motores que se compatibilizam com este tipo de partida.

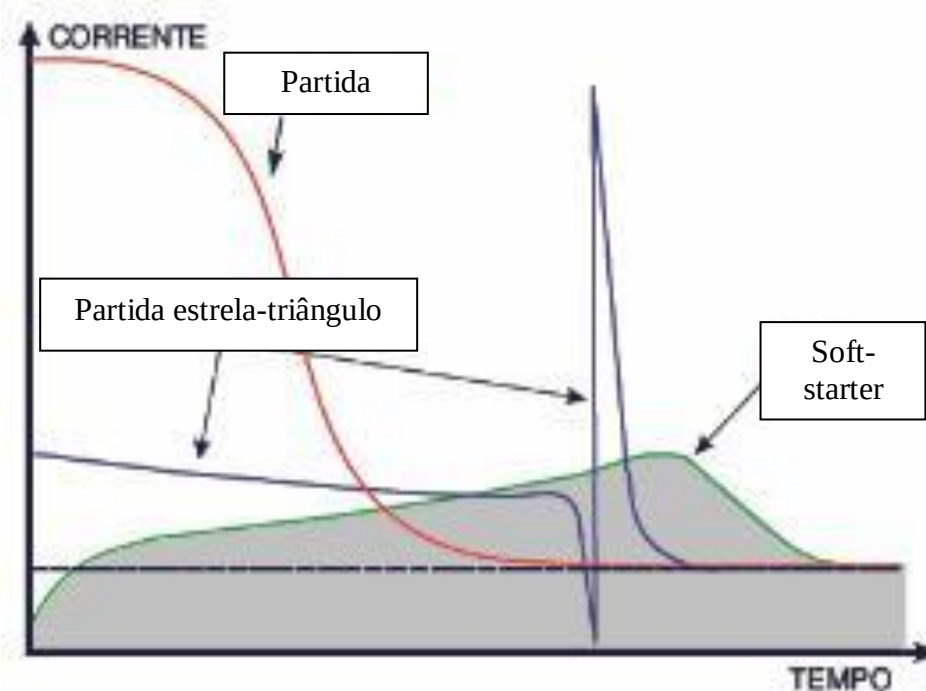


Figura 5 Comparativo entre métodos de partida de motores elétricos.

Fonte: Filho, 2012.

Partida através de chave estrela-triângulo

No momento de partida em estrela, o conjugado e a corrente de partida reduzem-se a um terço de seus valores nominais.

Filho (2012) representa as vantagens da ligação em estrela-triângulo:

- Custo reduzido;
- Elevado número de manobras;
- Corrente de partida reduzida a 1/3 da nominal;
- Baixas quedas de tensão durante a partida;
- Dimensões reduzidas.

Desvantagens de partida para este tipo de configuração:

- Aplicação somente possível nos casos que o motor possuir dupla tensão nominal e possuir pelo menos seis terminais de ligação de partida;
- Conjugado de partida reduzido a 1/3 do nominal;
- A tensão de alimentação deve coincidir com a tensão triângulo do motor;
- O motor deve alcançar, pelo menos, 90% de sua velocidade de regime para que, durante a comutação, a corrente de pico não atinja valores elevados.

A caracterização de uma ligação estrela-triângulo é apresentada na Figura 6, onde são representados os elementos de ligação, contatos e proteção junto ao motor elétrico. Pode-se observar que o motor possui seis terminais e dupla tensão de alimentação. Os contatores são responsáveis por fazer a ligação nos terminais do motor e alterar a tensão de alimentação no tempo previamente estipulado.

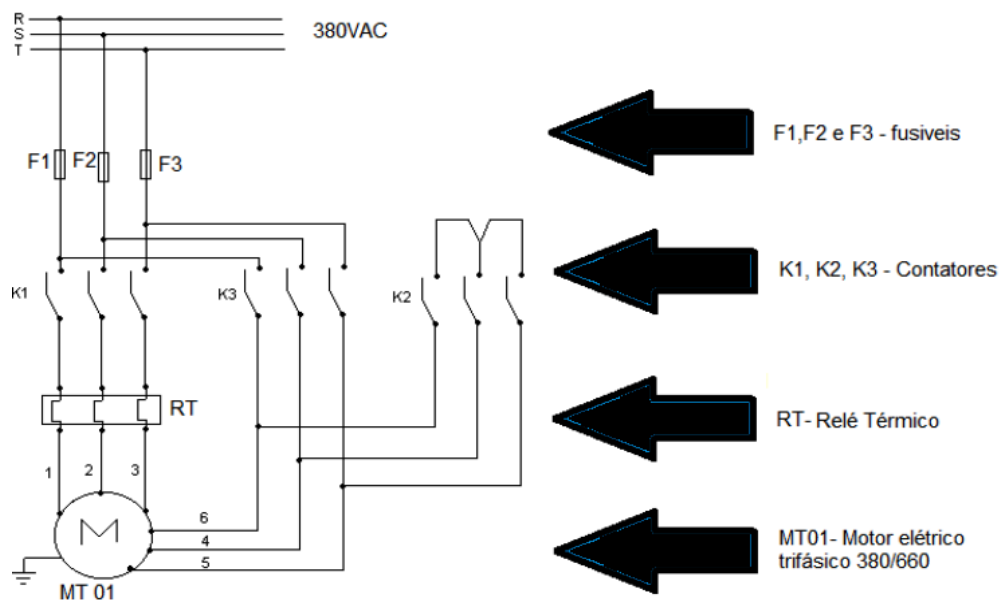


Figura 6 Esquema elétrico de ligação estrela-triângulo para partida de motor elétrico.

Fonte: FILHO, 2012.

Partida utilizando o *Soft-Starter*

Atualmente os dispositivos eletrônicos usados para controlar a partida, velocidade e frenagem de motores elétricos são largamente usados na indústria. Estes componentes são facilmente encontrados no mercado e os custos de aquisição estão cada vez mais reduzidos.

Filho (2012) explica tecnicamente a definição do dispositivo *Soft-Starter*:

“... são constituídas de um circuito eletrônico acoplado a um microprocessador que controla um conjunto de tiristores responsáveis pelo ajuste da tensão aplicada aos terminais do motor. Ademais, através de ajustes acessíveis, pode-se controlar o torque do motor e a corrente de partida a valores desejados em função da exigência de carga.” [FILHO, 2012, p. 240]

Assim o dispositivo *Soft-Starter* torna-se uma forma de controlar a corrente de partida de motores de fácil aplicação e custo reduzido.

Estas chaves estáticas contribuem para a redução dos esforços sobre acoplamentos e dispositivos de transmissão durante as partidas e para o aumento da vida útil do motor elétrico e equipamentos mecânicos da máquina acionada, devido à eliminação de choques mecânicos. Também contribui para a economia de energia, sendo muito utilizada em sistemas de refrigeração e em bombeamento.

Filho (2012) cita as características e vantagens das chaves *soft-starters*:

- Ajuste da tensão de partida por um tempo pré-definido;
- Pulso de tensão na partida para cargas com alto conjugado de partida;
- Redução rápida de tensão a um nível ajustável, (redução de choques hidráulicos em sistemas de bombeamento);
- Proteção contra falta de fase, sobre-corrente e subcorrente, etc.

Os soft-starters podem ser utilizados nas mais diversas aplicações. Tais como:

- Bombas centrífugas (saneamento, irrigação, petróleo);
- Ventiladores, exaustores e sopradores;
- Compressores de ar e refrigeração;
- Misturadores e aeradores;
- Britadores e moedores;
- Picadores de madeira;
- Refinadores de papel;
- Fornos rotativos;

- Serras e plainas (madeira);
- Moinhos (bolas e martelo);
- Transportadores de carga:
 - Correias;
 - Monovias;
 - Escadas rolantes;
 - Esteiras de bagagens em aeroportos;
 - Linhas de engarrafamento.

2.5. CONDICIONADORES DE AR

Condicionadores de ar são extremamente importantes para o conforto e produtividade do ser humano. Principalmente em locais onde as temperaturas anuais são elevadas.

No Brasil, na maioria das cidades o uso do ar condicionado é indispensável para atividades de escritório, chão de fábrica e repouso. O seu uso vai além, hoje em dia utiliza-se em mercados, *shopping centres* e até em academias de ginástica, entre outros.

A potência elétrica utilizada por estas máquinas é bastante elevada, acarretando altas cifras na tarifa de energia elétrica.

Para o correto dimensionamento de carga térmica para aparelhos de ar condicionado, utiliza-se a Tabela 5.

Tabela 5 Dimensionamento de condicionadores de ar.

A - A carga térmica normal (CTN) é baseada num recinto com as seguintes características:	CTN = 130 BTU/h
a.1 - Com uma ou duas pessoas em seu interior.	
a.2 - Dirigida para face sul ou na sombra e sem janelas.	
a.3 - Situada no andar Térreo ou Intermediário.	
B - Para recintos que apresentam outras características, acrescentar ao item A, as seguintes cargas térmicas.	Carga Térmica acrescentada à carga Térmica Normal (CTN).
b.1 - Face Leste ou Norte , isto é, incidência de Sol na parede Externa, durante a manhã.	16,5%
b.2 - Face Oeste ou Poente, isto é, incidência de Sol na parede Externa durante a Tarde.	31%
b.3 - Embaixo de telhado convencional (forro + telha).	32%
b.4 - Embaixo de telha de laje.	56,7%
b.5 - Cada m ² de janela instalada na parede dirigida para a face sul ou na sombra.	c/cortina:148 BTU/h s/cortina:205 BTU/h
b.6 - Cada m ² de janela instalada na parede dirigida para a face leste ou norte.	c/cortina:640 BTU/h s/cortina:888 BTU/h
b.7 - Cada m ² de janela instalada na parede dirigida para a face oeste ou poente.	c/cortina:848 BTU/h s/cortina:1.640 BTU/h
b.8 - Cada pessoa acrescentada acima das duas considerações no item a.1.	500 BTU/h
b.9 - Lâmpadas ou outros aparelhos que gerem calor	3,5 BTU/h/w

Fonte: Creder, 2009

2.5.1. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE CONDICIONADORES DE AR

Capelli (2013) enumera uma série de recomendações que associadas ao dimensionamento correto, ajudam a obter uma maior eficiência energética.

- Facilitar a circulação de ar através de evaporadores;
- Manter as superfícies de transferência de calor limpas;
- Facilitar a circulação de ar através dos condensadores;
- Eliminar o vazamento do fluido refrigerante;
- Eliminar vazamentos do sistema de condensação;
- Empregar isolamento térmico em tubulações;
- Especificar o equipamento de menor consumo e custo específico. Considerar a etiquetagem PROCEL;
- Controlar a entrada de ar exterior;

- Evitar de instalar o condensador em locais aquecidos. A variação de 3° C na temperatura do ar acarreta no aumento de 1% do consumo de energia elétrica.
- Devem ser instalados em locais com sombra constante, ou instalar toldos sobre o condensador;
- Conferir o vazamento de ar;
- Aplicar isolamento nos telhados, forros e paredes;
- Utilizar telhados de cor clara, para refletir a luz do sol;
- Ventilar os espaços vazios entre o forro e o telhado;
- Instalar vidros reflexivos ou películas adesivas nas janelas de vidro, para diminuir os ganhos de calor por radiação;
- Verificar a atuação dos sensores de temperatura;
- Realizar manutenções constantes (mensais), verificando o pleno funcionamento.

2.6. BOMBAS HIDRÁULICAS

As bombas são máquinas operatrizes hidráulicas que fornecem energia ao fluido com a finalidade de transportá-lo de um lugar ao outro. Na maioria das vezes convertem energia mecânica em energia hidráulica [SANTOS, 2013].

Os sistemas de bombeamento são acionados por máquinas que geram força motriz, em geral motores elétricos. Também podem ser acionados por turbinas ou motores de combustão interna (combate a incêndio) [SILVA, 2013].

Basicamente, as bombas hidráulicas devem converter energia mecânica (torque, rotação) em energia hidráulica (vazão, pressão). Na prática, porém, as exigências são mais diferenciadas. Na escolha das bombas hidráulicas precisam ser observados os seguintes pontos [SANTOS, 2013]:

- Tipo de óleo hidráulico.
- Faixa de pressão especificada.
- Faixa de rotação operacional.
- Temperatura máxima e mínima de operação.
- Compatibilidade com a maior e a menor viscosidade.
- Situação de montagem (tubulação, mangueira ou flange).
- Tipo de acionamento (acoplamento).
- Vida útil esperada.

- Máximo nível de ruído.
- Qualidade e atendimento da assistência técnica.
- Preço máximo eventualmente especificado.

As bombas hidráulicas são fabricadas em várias dimensões, com diferentes mecanismos de bombeamento de fluido, e classificam-se em duas categorias básicas:

- Hidrodinâmicas.
- Hidrostáticas.

Para o correto dimensionamento da potência de bombas hidráulicas utiliza-se a Equação 5 [FILHO, 2013].

Potência de bombas hidráulicas:

$$P_b = \frac{9,8 \times Q \times \gamma \times H}{\eta} \quad (\text{Equação 5})$$

Sendo:

P_b = Potência da bomba em kW;

Q = Quantidade de líquido em m³/s;

γ = Peso específico do líquido em kg/dm³;

γ =1 kg/dm³ para a água

H = Altura de elevação em m;

η = eficiência da bomba.

2.6.1. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM BOMBAS HIDRÁULICAS

A relação entre a altura manométrica e a vazão requerida são importantes e devem estar bem projetados pois [CAPELLI, 2013]:

- Para uma mesma bomba, quanto maior a altura menor é a vazão;
- Para a mesma altura, quanto maior a potência da bomba, maior será a vazão;
- Para a mesma vazão, quanto maior for a altura manométrica, maior deve ser a potência da bomba.

Deve-se também atentar aos problemas decorrentes na fase de projeção da tubulação industrial, tais como canalização mal dimensionada ou excesso de curvas, isto é qualquer elemento perturbador presente no sistema (causar turbulência, mudar direção ou alterar velocidade do fluido) será responsável por uma perda de energia [SILVA, 2013].

Medidas de mudanças de atitude e conscientização para o consumo da água, tais como programas de racionalização de seu uso e da eliminação de vazamentos em torneiras, registros, tubos, mangueiras e válvulas de descarga.

Como parte do roteiro de análise do desempenho do sistema de bombeamento hidráulico, sugere-se verificar [CAPELLI, 2013];

- A existência de vazamentos em todo o sistema;
- O consumo indevido ou irracional;
- A condição de limpeza dos filtros;
- A existência de válvulas de bloqueio parcialmente fechadas;
- A oportunidade de reduzir o número de acessórios existentes na tubulação;
- O arrefecimento da bomba;
- Rever se a situação do bombeamento esta sobre-dimensionada para as necessidades do sistema;
- Verificar se o sistema vibrações, golpe de ariete, corrosão nas pás do rotor;
- Escolher a bomba com maior rendimento possível;
- Verificar se a potência do motor elétrico esta coerente com o sistema.

2.7. COMPRESSORES

Os compressores podem ser definidos como estruturas mecânicas industriais destinadas a elevar a energia utilizável de ar – pelo aumento de sua pressão. O sistema de ar comprimido divide-se em três partes [SANTOS et al, 2007]:

a) Geração

Compreende as unidades compressoras, reservatórios centrais e desumidificadores localizados dentro das casas de máquinas, além de unidades ventiladoras para os casos de arrefecimento⁵ de ar.

Unidade de arrefecimento são as tubulações de transporte de água de refrigeração dos compressores, termostatos⁶ de controle, válvulas e torres de resfriamento.

b) Distribuição

São as tubulações de transporte de ar comprimido, reservatórios alocados próximos a equipamentos de produção ou processos, separadores de condensado, purgadores, válvulas de controle e lubrificadores de linha.

c) Utilização

⁵ O mesmo que refrigerar; desaparecimento do calor.

⁶ A função do termostato é impedir que a temperatura de determinado sistema varie além de certos limites preestabelecidos.

Compreende os equipamentos industriais tais como: ferramentas pneumáticas, prensas, máquinas operatrizes entre outros sistemas que utilizam o ar comprimido, definindo os níveis terminais de vazão, pressão, e outras exigências.

Através da Equação 6, calcula-se corretamente o dimensionamento da potência do compressor a ser utilizado:

$$P_c = \frac{2 \times \pi \times W_c \times C_{nc}}{1000 \times \eta_{ac}} \quad (\text{Equação 6})$$

Sendo:

P_c = Potência requerida pelo compressor, em kW;

W_c = Velocidade nominal do compressor, em rps;

C_{nc} = Conjugado nominal do compressor, em Nm;

η_{ac} = Rendimento do acoplamento.

2.7.1. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE AR COMPRIMIDO

Capelli (2013), lista boas práticas para a obtenção de eficiência energética para o sistema de ar comprimido:

- Especificar o equipamento de menor consumo e custo específico;
- Conferir a necessidade de instalar equipamentos específicos para tarefas que exijam maior pressão ou vazão instantânea (reservatórios ou mesmo compressores individuais);
- Instalar válvulas de fechamento automático;
- Utilizar acessórios de boa qualidade, tais como engates rápidos, mangueiras, conjunto de filtros e lubrificantes;
- Executar a regulagem de pressão e vazão adequada às necessidades dos equipamentos consumidores;
- Realizar manutenções preventivas conforme o planejado.

Os itens a seguir especificados devem ser implementados nos planos de manutenção preventiva, com o intuito de otimizar o funcionamento e a eficiência de sistemas de ar comprimido[SANTOS et al, 2007]:

a) Geração e circuito de arrefecimento

- Selecionar o compressor de acordo com as necessidades do processo produtivo em relação à vazão, pressão e eficiência;

- Evitar de instalar o ponto de captação de ar em locais aquecidos (a variação de 3° C na temperatura do ar corresponde à variação de 1% no consumo de energia);
- Limpar o maior número de vezes possíveis o filtro de ar na sucção do compressor;
- Realizar manutenções que confirmem vazamentos, lubrificação, folgas nos acoplamentos, desgastes de elementos de máquinas, alinhamentos, limpezas e outros;
- Procurar trabalhar com a menor pressão possível, que possa atender o sistema;
- Manter o compressor bem refrigerado, usar o calor desperdiçado para aquecer fluidos de outros processos;
- Utilizar compressores de velocidade variável em sistemas de flutuação;
- Usar sistemas de controle para racionalizar o uso de compressores (sequenciamentos, faixa de controle, fluxos e pressão);
- Usar reservatórios e sistemas de estabilização de pressão;
- Fazer a limpeza de filtros separadores de óleo (nos casos de compressores a fuso rosqueado);
- Evitar trajetos entre a geração e o reservatório de distribuição, com tubulações de diâmetro variado, curvas desnecessárias e excessos de elementos de tubulações industriais, este trajeto deve envolver uma tubulação mestra dimensionada para uma perda de carga máxima de 0,08 kg/cm² para cada 100 m de tubulação (comprimento equivalente);
- Evitar sempre que possível, estação redutora de pressão centralizada;
- Efetuar a redução de pressão próximo ao equipamento utilizado;
- Realizar periodicamente drenagem no reservatório central;
- Fazer o tratamento da água de resfriamento das unidades compressoras;
- Utilizar circuitos de arrefecimento regenerativos;
- Manter limpas as superfícies dos trocadores de calor (*intercoolers*).

b) Distribuição e utilização

- Evitar muitas tubulações, trajetos complexos, curvas e elementos;
- Verificar a perda de pressão entre o reservatório central e o ponto mais distante (a perda de pressão máxima admissível deve ser de 0,3 kg/cm³, acima deste

valor a rede de distribuição deve sofrer alterações para simplificação de trajetos);

- Retirar da rede todos os ramais secundários desativados ou inoperantes, com o intuito de evitar perdas de carga, vazamentos e condensados;
- Eliminar vazamentos na rede de distribuição de ar. Para redes muito extensas esta avaliação deve ser efetuada por setor afetados a mesma unidade de geração. O valor máximo admissível para vazamentos é de 5% para indústrias de médio porte que não possuem ferramentas como: esmilhadeiras, marteletes e outras energo-intensivas. Para indústrias de caldeirarias pesadas, construção civil e semelhantes, é admissível 10%.
- Utilizar válvulas de bloqueio acionadas por solenoides junto aos equipamentos que operem intermitentemente. O objetivo é evitar que durante as paralisações ocorram fugas de ar pelo equipamento;
- Utilizar válvulas de controle de fluxo (agulha, global) junto aos equipamentos utilizadores, no sentido de manter o fluxo de ar compatível com as necessidades operacionais de cada equipamento;
- Efetuar inclinação de 5 a 10 mm por metro linear de rede para facilitar o sistema de purgadores de condensado;
- Efetuar a drenagem de condensado nos pontos de menor cota para redes sem óleo e aplicar o sistema de purga, para redes com óleo respectivamente.

2.8. AQUECIMENTO DE FLUIDOS EM CALDEIRAS

Uma das formas mais comuns de aquecimento de fluidos em processos industriais é a utilização de resistências elétricas de imersão. Este tipo de resistência é largamente utilizado em indústrias químicas e petroquímicas para soluções em aquecimento de fluidos e gases [AMADO, 2008]. A Figura 7 ilustra uma resistência elétrica de imersão.



Figura 7 Resistência elétrica de imersão.
Fonte: AMADO, 2008.

As resistências elétricas de imersão são projetadas normalmente para serem utilizadas em tanques ou tubulações industriais. Uma vez inseridas dentro do tanque ou tubulações, o aquecimento se dá diretamente no fluido, diminuindo assim as perdas de energia tornando o sistema mais eficiente [AMADO, 2008].

2.9. CLIMATIZADORES EVAPORATIVOS

O climatizador evaporativo é um equipamento formado basicamente por um ventilador, uma bomba de água, um reservatório e células de um papel especial que não absorve a água.

O seu funcionamento é realizado da seguinte forma, o ar externo é puxado pela força do ventilador, passando pelas células de papel, que são constantemente molhadas pela água do reservatório, circulada pela bomba de água. O ar externo captado pelo ventilador absorve umidade e tem sua temperatura reduzida pelo processo de evaporação da água, resultando em um ar mais úmido e mais frio que o ar externo [LOPES, 2006].

2.10. FATOR DE POTÊNCIA

Determinados equipamentos, tais como motores elétricos e transformadores necessitam para sua operação, além da energia elétrica real utilizada, uma certa quantidade de energia reativa, energia esta que não é transformada em trabalho mecânico [BARTKOWIAK, 1994].

O fator de potência é a relação entre energia útil e energia consumida, ou seja é o somatório de perdas com a energia útil transformada em trabalho mecânico [GUSSOW, 2009].

O fator de potência ($\cos \varphi$) pode ser também definido como o cosseno do ângulo formado entre o componente da potência elétrica ativa e o seu componente total [GUSSOW, 2009].

Filho (2012) comenta sobre causas que levam a um baixo fator de potência:

- Motores de indução trabalhando a vazio;
- Motores superdimensionados para máquinas a eles acoplados;
- Transformadores em operação a vazio ou em carga leve;
- Grande número de reatores⁷ de baixo fator de potência;
- Fornos de indução magnética;
- Máquinas de solda a transformador;
- Equipamentos eletrônicos;
- Grande número de motores de pequena potência em operação durante um longo período.

Um baixo fator de potência ($\cos \varphi$) causa mais problemas do que apenas desperdício na instalação. Ter um baixo $\cos \varphi$ significa que maior quantidade de energia reativa circula pelas linhas de alimentação, prejudicando não somente aparelhos e instalação, mas também a rede na qual está ligada [CAPELLI, 2013].

Capelli (2013) explica que as consequências mais significativas do baixo fator de potência são:

- a. Acréscimo na conta de energia elétrica;
- b. Limitação na capacidade dos transformadores;
- c. Quedas e flutuação⁸ da tensão;
- d. Sobrecarga nos dispositivos de manobra (chaves, contadores, entre outros) e consequente redução da vida útil;
- e. Perdas na linha por efeito Joule;
- f. Necessidade de aumento dos condutores;
- g. Necessidade do aumento de equipamentos de proteção.

⁷ Usados em sistemas de iluminação (lâmpadas de descarga como: fluorescentes, mercúrio, sódio entre outras).

⁸ Distúrbios de energia elétrica [MARTINHO, 2009]

2.11. TARIFAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

A ANEEL estabelece as condições gerais para o fornecimento de energia elétrica, e sua Resolução nº 414 (2010) estabelece os direitos e deveres dos consumidores e das distribuidoras de energia elétrica.

As definições características utilizadas para melhor compreender a estrutura tarifária são [ENERSUL⁹, 2013]:

- **Demanda contratada:** demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela distribuidora, no ponto da entrega, conforme valor e período de vigência fixados no contrato, e que deve ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento, expressa em kW;
- **Demanda faturável:** valor da demanda de potência ativa, considerada para fins de faturamento, com aplicação da respectiva tarifa, expressa em kW. Representa um único valor, correspondente ao maior valor dentre os definidos a seguir:
 - a) demanda contratada ou demanda medida, exceto para unidade consumidora da classe rural ou reconhecida como sazonal;
 - b) demanda medida no ciclo de faturamento ou 10% da maior demanda medida em qualquer dos 11 ciclos completos de faturamento anteriores, no caso da unidade consumidora incluída na tarifa convencional, da classe rural ou reconhecida como sazonal; ou
 - c) demanda medida no ciclo de faturamento ou 10% da maior demanda contratada, no de unidade consumidora incluída na tarifa horo-sazonal da classe rural ou reconhecida como sazonal.
- **Demanda medida:** maior demanda de potência ativa, verificada por medição, integralizada no intervalo de 15 minutos durante o período de faturamento;
- **Unidade consumidora:** conjunto composto por instalações, ramal de entrada, equipamentos elétricos, condutores e acessórios, incluída a subestação, com característica de recebimento de energia elétrica em um único ponto e medição individual;
- **Modalidade tarifária:** conjunto de tarifas aplicáveis às componentes de consumidores de energia elétrica e demanda de potência ativas:

⁹ Na data da realização deste estudo, a Enersul era a companhia fornecedora de energia elétrica. No começo de 2015, esta empresa foi vendida para o grupo Energiza.

Grupo A: grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento de tensão igual ou superior a 2,3kV, ou atendidas a partir de um sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundária, caracterizado pela tarifa binômia e subdividido nos seguintes subgrupos:

- a) subgrupo A1: tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV;
- b) subgrupo A2: tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV;
- c) subgrupo A3: tensão de fornecimento de 69 kV;
- d) subgrupo A3a: tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV;
- e) subgrupo A4: tensão de fornecimento de 2,3 a 25 kV;
- f) subgrupo AS: tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV.

Uma importante característica do sistema de tarifação do grupo A refere-se à aplicação da tarifa bimônia, que implica na cobrança não somente da energia elétrica, mas também da demanda contratada [BARROS et al, 2013].

A energia é cobrada pelo valor efetivamente consumido, porém a demanda recebe uma regra de cobrança diferenciada. O consumidor deve contratar um valor de demanda, que será sua referência de cobrança. A concessionária de energia elétrica deve ser capaz de fornecer essa demanda a qualquer horário do dia, e o consumidor paga por essa disponibilidade [BARROS et al, 2013].

Caso a demanda máxima registrada seja inferior à demanda contratada, será faturada a demanda contratada multiplicada pela tarifa, porém caso a demanda registrada seja superior à demanda contratada, será faturado o valor registrado multiplicado pela tarifa, desde que não ultrapasse 5% do valor.

A multa cobrada pela ultrapassagem da demanda contratada corresponde à 2 vezes o ultrapassado (acima de 5%).

As tarifas do grupo A são constituídas em três modalidades de fornecimento:

- convencional;
- horo-sazonal Verde;
- horo-sazonal Azul;

A tarifa convencional é caracterizada pela aplicação de tarifas de consumo de energia e/ou demanda de potência independentemente das horas de utilização do dia e dos períodos do ano. A tarifa convencional apresenta um único valor para a demanda de potência e outro para o consumo de energia elétrica.

A Figura 8 ilustra a estrutura tarifária horo-sazonal verde.



Figura 8 Tarifa horo-sazonal verde.
Fonte: HAGE, 2014.

A principal diferença entre a tarifa horo-sazonal verde e a azul, é que no caso da verde, a demanda não sofre variação em relação ao horário do dia ou mês do ano. Quanto no caso da azul, tanto demanda contratada quanto consumo mensal são tarifados. A Figura 9 apresenta esta diferença.

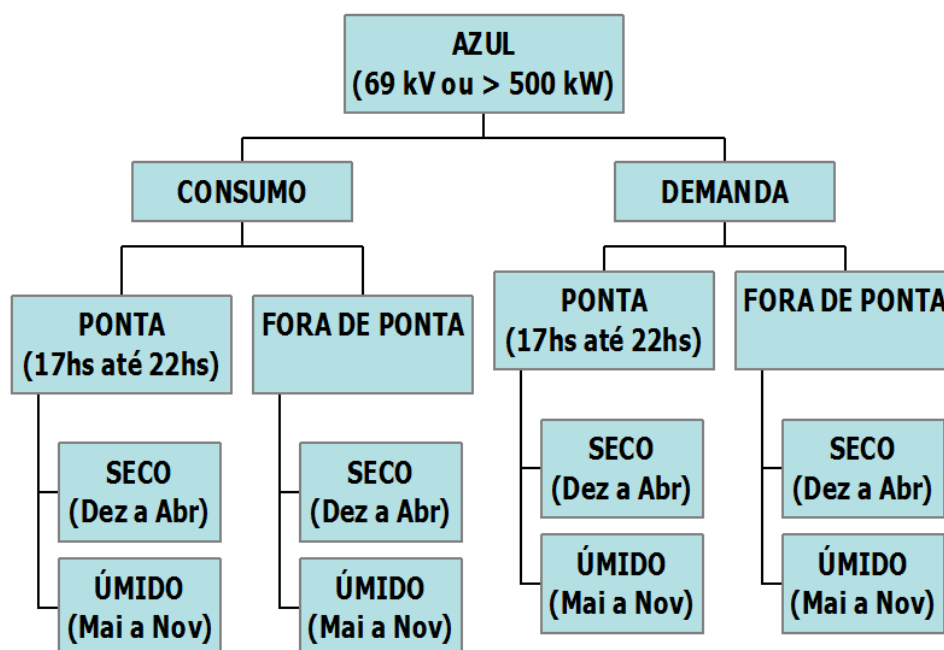


Figura 9 Tarifa horo-sazonal Azul.
Fonte: HAGE, 2014.

Após a contextualização e estudo teórico da eficiência energética, fez-se o trabalho em campo para coleta de dados e definiu-se a metodologia apresentada no capítulo seguinte.

3. METODOLOGIA

Foi realizado um estudo de caso, com relação à eficiência energética em uma indústria de lubrificantes, situada no município de Campo Grande – MS. Neste estudo verificou-se o que a literatura preconiza como ações importantes na eficientização energética. Comprovou-se com a situação energética da empresa. Desta forma, recomendaram-se as ações necessárias para a melhoria energética.

Este estudo caracterizou-se pela coleta de dados, análise, projeto de novas adequações de eficiência energética e a aplicação de uma ação de conservação de energia e o seu uso racional. Para tanto, se fez necessário uma série de visitas técnicas, observações de funcionamento e aquisição de dados da unidade em questão, além de uma comparação destes dados com a bibliografia pertinente. Nota-se que os dados foram coletados em um período entre os meses de agosto a dezembro de 2014. Salienta-se que as contas de energia elétrica foram obtidas em um período de um ano.

Observa-se que para o desenvolvimento do projeto de eficiência energética foi necessário coletar os seguintes dados:

- o contrato e tarifas de energia elétrica;
- os procedimentos referentes ao consumo de energia elétrica;
- as condições físicas da instalação elétrica;
- as condições dos equipamentos elétricos (iluminação, motores, máquinas, condicionadores de ar e outros);
- os horários e tempo de funcionamento da indústria;
- as medidas físicas da unidade;
- a altura de elevação do bombeamento de água;
- o comprimento e condições da tubulação de ar comprimido;
- entre outros.

Estes dados foram obtidos *in loco*, outros através das contas de energia elétrica, contratos, entrevistas com funcionários, entre outros. A análise e recomendações técnicas de ações de eficiência energética, bem como avaliação de viabilidade econômica serão apresentados no próximo capítulo.

3.1. COLETA DE DADOS

3.1.1. A EMPRESA

A empresa em questão é uma indústria que produz lubrificantes derivados de petróleo, sediada na cidade de Campinas-SP, com quinze filiais espalhadas pelo Brasil. Uma destas filiais é a unidade de Campo Grande - MS, onde este trabalho foi realizado. A unidade esta localizada no bairro do Indubrasil.

A planta industrial possui uma área total de 3.400m² e área construída de 2.620m². Através da Figura 10 observa-se a distribuição da edificação, sendo distribuída em: escritórios, chão de fábrica, estoque, estacionamento, banheiros e refeitório.



Figura 10 Layout da empresa.

As dimensões físicas da empresa são apresentadas na Tabela 6, onde podem ser observadas as dimensões das áreas internas e externas e valores de volumes internos (comprimento, largura e pé-direito).

Tabela 6 Dimensões físicas da indústria de lubrificantes em estudo.

Recinto	Comprimento (m)	Largura (m)	Pé direito (m)	Volume (m³)
Escritório A	6,00	5,00	3,00	90,00
Escritório B	5,00	4,00	3,00	60,00
Escritório C	5,00	6,00	3,00	90,00
Escritório D	24,00	3,00	3,00	216,00
Cozinha 1 copa	20,00	2,00	3,00	120,00
WC 1	2,00	1,50	3,00	9,00
WC 2	2,00	1,50	3,00	9,00
Chão de fábrica	127,60	15,00	5,00	9570,00
Estoque	10,00	10,00	5,00	500,00
Refeitório	15,00	6,00	5,00	450,00
Banheiros	15,00	6,00	3,00	270,00
WC	3,00	2,00	3,00	18,00
Estacionamento	45,00	5,00		

Para operar todo o processo industrial a empresa conta com 41 funcionários em seu quadro, alocados nos setores: escritórios (10), produção (30) e portaria (1). A jornada de trabalho resume-se em único turno, iniciando às 7h 00min até 11h 00min, pausando 2 horas de almoço e reiniciando às 13h 00min e terminado às 17h 00min. Aos sábados e domingos a empresa não tem expediente.

O processo produtivo industrial é caracterizado basicamente pela filtragem e aquecimento do fluido (matéria prima), para então separá-lo em diversas especificações de tipos de óleos, que são embalados e comercializados como lubrificantes. A matéria-prima é adquirida pela matriz, que chega até a filial através de transportes apropriados para a atividade.

A matéria-prima é recebida através de um caminhão pipa, na quantidade mensal de 20.000 litros, que por sua vez vai direto para os *containers* de estocagem. Este fluido após ser estocado, é bombeado até um equipamento específico que realiza o processo que aquecimento, filtragem e separação.

O fluido, que é estocado em temperatura ambiente, é direcionado para outro *container* que faz parte do equipamento específico que realiza o processamento do fluido. Neste momento é realizada um processo de destilação à vácuo, onde a matéria-prima é separada em produto para o processo, e produto para o descarte. O material descartado é reenviado para a matriz, que por sua vez o comercializa novamente.

Após ser destilado, o fluido entra em contato direto com resistências elétricas de imersão dispostas no interior do *contêiner* do aquecedor. O fluido atinge temperatura de 80°C, que devido à temperatura é separada em subprodutos diferentes conforme

viscosidade e fluidez. Desta forma têm-se basicamente especificações diferentes de lubrificantes.

O produto separado é encaminhado para o segundo processo, que realiza o enchimento de diversos tipos de envase, tais como: galões, latas e tonéis. Estes são montados e lacrados na própria unidade pelos funcionários com o uso de ferramentas pneumáticas.

Estes produtos ficam armazenados no depósito e são posteriormente encaminhados à matriz por caminhões, pois a unidade de Campo Grande - MS, não faz a comercialização, somente o processo fabril.

A Figura 11 apresenta em forma de fluxograma o processamento do produto desde a chegada da matéria prima até o produto final.

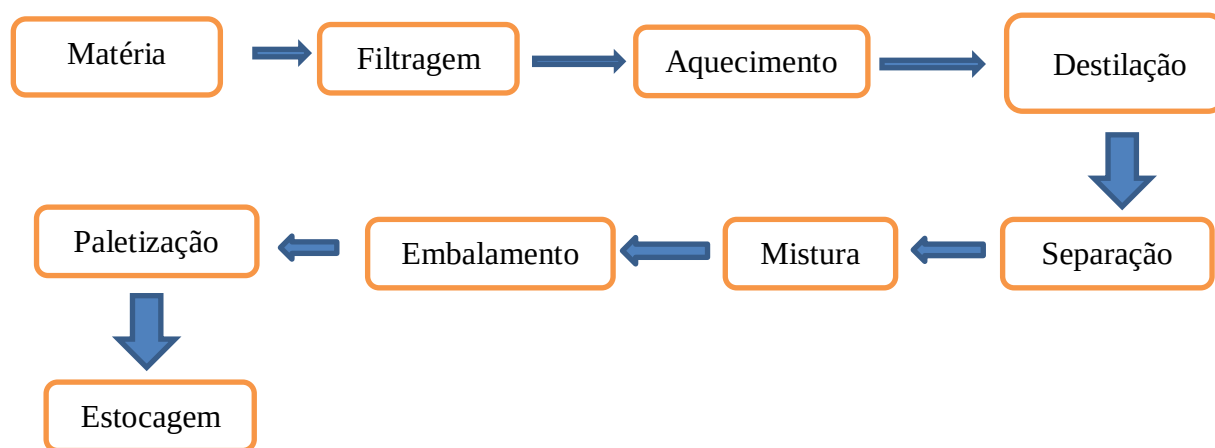


Figura 11 Fluxograma do processo fabril da indústria de lubrificantes.

Os equipamentos elétricos responsáveis pelo processo industrial são descritos na Tabela 7, onde são apresentadas suas funções e as potências elétricas utilizadas.

Tabela 7 Equipamentos elétricos da indústria de lubrificantes.

Equipamento	Função	Potência
Bomba de fluido	Bombeamento da matéria prima	2,94 kW
Aquecedor	Aquecimento/Destilação/Separação	100,00 kW
Compressores	Acionamento de ferramentas pneumáticas, jateamento de areia, limpeza, pintura, separação	14,92 kW
Bomba d' água	Sucção	2,21 kW
Motores elétricos	Transporte, mistura, embalamento	9,57 kW
Ventiladores	Ventilação	5,15 kW
Lâmpadas	Iluminação	17,26 kW
Condicionadores de ar	Condicionamento de ar	12,00 kW
Chuveiros elétricos	Aquecimento de água	36 kW
Outros (computadores, impressoras, etc)	Comunicação, aquecimento	9,15 kW
Total		209,20 kW

Observa-se que Companhia Municipal de Abastecimento de Água e Esgoto (Águas Guariroba) fornece seus serviços para a indústria de lubrificantes. Entretanto, existe um poço semi-artesiano, com aproximadamente 30 m de profundidade, que abastece a maior parte da demanda de água para funções que não exigem água tratada.

Com relação ao fornecimento de energia elétrica, é realizada pela concessionária local, e se enquadra no grupo A - alta tensão, com alimentação de 13.800V, através do uso de transformador próprio em cabine primária¹⁰ interna. O contrato para tal fornecimento é do tipo convencional A4 e a demanda contratada é de 250 kW. A análise de tarifação será descrita em seção específica.

Características do transformador elétrico:

- Tensão de entrada: 13.800 V
- Tensão de saída: 220/127 V
- Fabricante: WEG
- Ano de fabricação: 2009
- Refrigerado a óleo mineral
- 4 elementos de saída (3 fases + 1 neutro)

3.1.2. DADOS ENERGÉTICOS

A seguir serão descritos os dados da unidade, que foram coletados entre os dias 2/8/2014 e 17/12/2014. Tais dados são:

- Potência elétrica instalada;
- Tempo de funcionamento dos equipamentos;
- Característica da carga;
- Características de consumo da energia elétrica;
- Faturamento;
- Entre outros.

Com relação à carga instalada de toda unidade, obteve-se os seguintes dados:

a) Iluminação

A Tabela 8 apresenta os dados de carga, tempo de funcionamento e energia consumida, referentes à iluminação da unidade.

¹⁰ É o termo designado para a construção física que assegura as condições de funcionamento e isolamento do transformador rebaixador da energia elétrica. Este é utilizado em indústrias, edifícios e todos consumidores que comprem a energia elétrica em alta tensão.

Tabela 8 Dados de iluminação da indústria de lubrificantes.

Tipo de lâmpada	Quantidade	Potência unitária (w)	Potência total (kw)	Reator (w)	Horas de funcionamento	Dias/mês	Energia mensal (kwh)
Vapor de mercúrio	30	400	12	400	8	22	2112
Fluorescente	24	40	0,96	40	10	22	211,20
Fluorescente	20	60	1,20	60	10	22	264
Incandescente	7	100	0,70		8	22	123,20
Vapor de sódio	6	400	2,40	400	10	30	720
Total	87	1000	17,26	900	46		3430,40

A Tabela 8 apresenta a quantidade de horas de funcionamento das lâmpadas, podendo assim observar que as lâmpadas fluorescentes funcionam 10 horas por dia (que pode ser traduzido em falta de empenho dos colaboradores em apagar estas lâmpadas em horários de intervalo e horários de almoço).

As lâmpadas fluorescentes de 40 W e 60 W utilizam reatores de uso geral e de baixa eficiência (fator de potência menor que 0,85). Estas lâmpadas encontram-se nos escritórios e refeitório.

As lâmpadas de vapor de mercúrio iluminam o chão de fábrica, as lâmpadas de vapor de sódio encontram-se no estacionamento (por isso ficam acessas 10 horas por dia e 30 dias por mês). Verificou-se que os reatores são eletrônicos de alto fator de potência. Quanto às lâmpadas incandescentes, estas iluminam os banheiros e sanitários.

Observou-se que todas as lâmpadas encontravam-se muito empoeiradas e nunca haviam sido limpas ou receberam algum tipo de manutenção.

Os cálculos de iluminação foram novamente refeitos através do método Lúmens (com auxílio do programa LumiSoft) e verificou-se que o nível de iluminamento está adequado, porém a indústria utiliza cores de paredes e piso opacas, dificultando a reflexão da iluminação elétrica. Os resultados dos cálculos são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 Cálculos de iluminação da indústria de lubrificantes.

Recinto	Potência calculada	Potência utilizada
Chão de fábrica	12,75 kW	12 kW
Escritórios	1,1 kW	0,96 kW
Refeitório	0,40 kW	0,36 kW
Estoque	1,1kW	0,84 kW
Estacionamento	2,4 kW	2,4 kW

Observa-se através da Tabela 9 que os valores calculados são pouco superiores aos valores reais que estão sendo utilizados, entretanto verificou-se uma adequação de níveis de iluminamento quando se utilizou o luxímetro (da marca Minipa, modelo MLM

1011, novo com menos de um ano de uso, calibrado de fábrica) e o programa computacional *LumiSoft*.

A avaliação econômica destas modificações e de outros equipamentos será apresentada na seção sobre o estudo da viabilidade econômica.

b) Condicionadores de ar

Os condicionadores de ar estão descritos na Tabela 10, estes são todos iguais em relação à capacidade térmica, ao modelo (*Split*) e ao ano de fabricação (2010). A Tabela 10 também apresenta os horários de funcionamento, a quantidade de aparelhos e a potência elétrica.

Tabela 10 Dados de condicionamento de ar da indústria de lubrificantes.

Equipamento	Quantidade	Potência unitária (btu)	Potência unitária (w)	Potência total (kw)	Horas de funcionamento	Dias/mês	Energia mensal (kwh)
Condicionador de ar	8	15.000	1.500	12	10	22	2.640

Um fato que pode ser observado na Tabela 10 é que há o desperdício de energia no uso dos condicionadores de ar, pois estes não são desligados em horários de intervalo (almoço), incrementando um total de duas horas diárias de consumo. Este desperdício de duas horas diárias representa o valor mensal de 594 kWh.

Além disso, são ligados mesmo em situações que não requer uma climatização forçada ou necessária. Isto ocorre porque no início do expediente todos os aparelhos são ligados mesmo em situações em que a temperatura exterior não se encontra elevada e em dias frios ou em dias em que a temperatura encontrava-se abaixo dos 24°C.

Os filtros de ar contidos no interior dos aparelhos nunca tinham sido retirados para serem lavados ou para remoção da sujeira acumulada. A empresa não possui um plano de manutenção a fim de lubrificar os compressores dos condicionadores, regular correias, verificar os rolamentos, entre outros.

Entretanto, observou-se que os aparelhos estavam instalados em locais adequados, tanto interna quanto externamente, pois estavam abrigados de raios solares e arrefecidos por atmosfera exterior em área de sombra. Verificou-se que as portas não estão propriamente vedadas, ocasionando perdas de energia térmica.

Os cálculos do dimensionamento dos aparelhos de ar condicionados também apresentaram-se corretos, como podem ser observados na Tabela 11, assim como, a vedação de janelas e o uso de cortinas.

Tabela 11 Cálculo dos condicionadores de ar da indústria de lubrificantes.

Recinto	Carga térmica calculada (BTU)	Carga térmica utilizada (BTU)
Escritório A	22.000	30.000
Escritório B	16.000	15.000
Escritório C	22.000	30.000
Escritório D	56.000	60.000

Observa-se na Tabela 11 que a diferença entre o valor calculado para os aparelhos condicionadores de ar e o valor utilizado é pequena, portanto conclui-se que os condicionadores de ar estão sendo utilizados corretamente em relação à potência térmica para a atividade propriamente dita.

c) Chuveiros elétricos

Devido ao fato de que os funcionários e os uniformes ficam bastante sujos com a atividade laboral, a maioria deles utiliza os chuveiros elétricos para limpeza pessoal no final do expediente. O tempo médio total de uso dos chuveiros foi cronometrado e está apresentado na Tabela 12, bem como as cargas instaladas. Salienta-se ainda que muitos funcionários utilizam o chuveiro até duas vezes ao dia, devido à temperatura elevada no chão de fábrica.

Tabela 12 Dados de chuveiros elétricos da indústria de lubrificantes.

Equipamento	Quantidade	Potência unitária (w)	Potência total (kw)	Horas de funcionamento	Dias/mês	Energia mensal (kwh)
Chuveiro elétrico	8	4.500,00	36,00	6,00	22,00	4.752,00

A Tabela 12 descreve o tempo de funcionamento e cargas instaladas para os 8 chuveiros elétricos dos vestiários de funcionários. Os funcionários utilizam os chuveiros muito tempo (média de dez minutos) em relação a um tempo de banho recomendado pelo PROCEL (5 minutos) [SANTOS et al, 2006].

A Tabela 13 apresenta os dados de desperdício de energia elétrica, comparando com um uso de 5 minutos de banho,

Tabela 13 Desperdício de energia elétrica com o uso de chuveiros na indústria de lubrificantes.

Chuveiros	Situação atual (10 minutos de banho)	Situação proposta (5 min de banho)
Energia mensal (kWh)	4.752,00	2.376,00
Valor mensal (R\$)	902,50	451,44

Como pode ser observado através da Tabela 13, a empresa tem uma despesa de aproximadamente de R\$ 900,00 somente com energia elétrica para aquecimento de água de chuveiro, tudo isso devido a falta de um plano de combate ao desperdício de energia elétrica.

Esta situação, portanto, pode ser convertida para uma estipulação de banhos de no máximo 5 minutos por funcionários. Esta alteração pode ser observada na Tabela 13, que representa uma economia de R\$ 451,44 por mês.

Uma solução cabível é a instalação de contadoras programáveis junto à instalação elétrica dos chuveiros, ajustadas para funcionarem somente 5 minutos.

Esta tecnologia propicia a gerência da empresa temporizar o tempo de banho, evitando que funcionários fiquem um tempo maior do que o necessário para retirada de resíduos lubrificantes e, desta forma, aumentar o consumo energético. Outras tecnologias também podem ser implementadas.

Observa-se que esta é uma recomendação técnica e que fica a critério da direção da indústria, implementá-la ou não, verificando se há algum impeditivo legal (trabalhista) sobre este controle. Em consulta a um advogado a respeito deste assunto este apresentou um parecer que pode ser consultado no Anexo, no qual não apresenta nenhum impeditivo legal.

d) Tomadas de uso geral com carga

A Tabela 14 é composta de todos os aparelhos que utilizam tomadas de uso geral na unidade. Todos os aparelhos foram monitorados e seu tempo de uso médio foi cronometrado.

Tabela 14 Dados de tomadas de uso geral na indústria de lubrificantes.

Equipamento	Quantidade	Potência unitária (w)	Potência total (kw)	Horas de funcionamento	Dias/mês	Energia mensal (kwh)
Computador a	2	150,00	0,30	10,00	22,00	66,00
Computador b	5	125,00	0,625	10,00	22,00	137,50
Computador c	5	100,00	0,50	10,00	22,00	110,00
Impressora	5	600,00	3,00	1,00	22,00	66,00
Telefone	8	35,00	0,28	24,00	30,00	201,60
Televisão	3	150,00	0,45	8,00	22,00	79,20
Microondas	2	600,00	1,20	1,00	22,00	52,80
Cafeteira	2	1.200,00	2,40	3,00	22,00	66,00
Geladeira a	2	150,00	0,30	12,00	30,00	108,00
Geladeira b	1	90,00	0,09	12,00	30,00	32,40
Total			9,14			919,50

A unidade dispõe de outras 22 tomadas de uso geral que não contém em seus terminais carga constante, apenas por exemplo, carregadores de celular, cujos tempos não foram monitorados, devido ao baixo consumo e falta de constância na utilização.

Dentre os vários aparelhos conectados às tomadas, os computadores e uma televisão apresentaram irregularidades na conservação de energia, pois estes ficam horas ligados, mesmo sem ninguém fazendo seu uso.

O aparelho televisor encontra-se no refeitório e atende os funcionários em horários de almoço e intervalo, e mesmo fora destes horários o aparelho era mantido funcionando. A solução seria o desligamento do televisor em horários que ninguém está fazendo o seu uso.

Em relação aos computadores, orientou-se o desligamento dos mesmos em horários de não utilização, pois mesmo em modo *stand-by* consomem energia elétrica.

e) **Ventilação industrial**

A quantidade de ventiladores, carga unitária e total, horas de funcionamento e energia mensal são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 Dados de ventilação da indústria de lubrificantes.						
EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	CARGA UNITÁRIA (CV)	CARGA TOTAL (kW)	HORAS DE FUNCIONAMENTO	DIAS/MÊS	ENERGIA MENSAL (kWh)
VENTILADORES	14	0,50	5,15	10,00	22,00	1133,44

A empresa possui 14 ventiladores trifásicos de 0,5 CV cada, fixados em paredes internas com a finalidade de arejar o local. Isto devido a elevada temperatura interna, ocasionada pelo processo industrial e pelo tipo de construção física da instalação. O pé direito corresponde a 5 m, a cobertura é de chapas de zinco, as paredes não tem aberturas para captação de ventilação natural, a instalação não é munida de exaustores e o processo industrial é baseado em princípios de transmissão de calor.

Conforme pode se observar na Tabela 15, os ventiladores não são desligados em horários de intervalo devido a alta temperatura interna, que em dias quentes se aproximava de 40°C (medida em termômetro).

Os ventiladores ficam ligados ao menos 10 horas por dia para suprir a alta temperatura interna e combater o *stress* térmico. Inclusive vale ressaltar que um dos motivos da alta rotatividade dos funcionários deve-se ao fato de que a temperatura no chão de fábrica é elevada, além do trabalho laboral propriamente dito sujar o funcionário.

O problema observado foi que os ventiladores ajudam a combater as altas temperaturas, porém o ambiente se mantém em condições não confortáveis, que chegam a ponto de desestimular os funcionários a exercer a função estabelecida.

A troca dos ventiladores industriais por climatizadores que funcionam a base de evaporação de água, mostra-se como uma solução econômica em comparação a utilização de aparelhos condicionadores de ar. Tal consideração será apresentada no Capítulo Resultados.

f) Bombas hidráulicas

O bombeamento d'água (tanto de processo quanto para uso geral) é descrito na Tabela 16. As bombas hidráulicas são separadas em Bomba A e Bomba B. A primeira é responsável pela sucção da água do poço até um reservatório no solo e a Bomba B responsável pela distribuição, até outros reservatórios. Ambas são bombas centrífugas.

Tabela 16 Dados de bombas hidráulicas da indústria de lubrificantes.

Equipamento	Quantidade	Potência unitária (cv)	Potência total (kw)	Horas de funcionamento	Dias/mês	Energia mensal (kwh)
Bomba d'água a	1	2,00	1,47	2,00	22,00	64,76
Bomba d'água b	1	1,00	0,73	2,00	22,00	32,38
Total			2,20			97,15

A organização possui 2 bombas d'água do tipo centrífuga para transportar o fluido de um poço artesiano até os reservatórios. A altura de elevação é de 30 m e o recalque de 15 m com algumas angulações. O sistema de encanamentos apresenta-se correto.

Um fato observado foi o uso constante da água para trocas de calor no processo industrial e a limpeza diária do piso da fábrica.

O cálculo para o sistema de bombeamento de água foi feito como pode observar-se na Tabela 17. Verifica-se um subdimensionamento para a Bomba A e um sobredimensionamento para Bomba B. Tais cálculos são descritos no Apêndice B.

Tabela 17 Valores calculados das bombas hidráulicas da indústria de lubrificantes.

Equipamento	Potência calculada	Potência utilizada
Bomba A	3 CV	2 CV
Bomba B	$\frac{3}{4}$ CV	1 CV

Sugere-se a alteração da Bomba B (1 CV) por uma Bomba de $\frac{3}{4}$ de CV. Recomenda-se, entretanto, que a substituição ocorra somente quando houver a necessidade de troca. O mesmo deve ser executado para a Bomba A, uma substituição de 2 CV (atual) para uma Bomba de 3 CV.

Quanto à manutenção preventiva das bombas, sugere-se executar, a cada quinze dias, lubrificação, limpeza, verificação dos elementos de máquinas acoplados (rolamentos, acoplamentos) entre outros [BARROS, 2013].

g) Compressores de ar

A indústria utiliza 3 compressores de ar, todos eles suprem tarefas de fechamento de latas e galões de lubrificantes, de limpeza, de acionamento de ferramentas movidas à ar comprimido e de jateamento de areia. Os três compressores de uso da unidade estão descritos na Tabela 18.

Tabela 18 Dados de compressores da indústria de lubrificantes.						
Equipamento	Quantidade	Potência unitária (hp)	Potência total (kW)	Horas de funcionamento	Dias/mês	Energia mensal (kWh)
Compressor a	1	15,00	11,19	5,00	22,00	1.231,90
Compressor b	2	5,00	3,73	5,00	22,00	410,30
Total			14,92			1.641,20

Quatro vazamentos foram constatados na tubulação industrial de ar comprimido, além de 5 metros de linha sem utilização (linha morta).

Os compressores têm menos de três anos de uso, porém um fato observado é a falta de ventilação e a alta temperatura (mais que 40°C, medido pelo termômetro da marca Minipa, modelo MT – 320, com menos de um ano de uso, calibrado de fábrica) próxima ao motor do compressor. Os compressores estão localizados próximos da parede que recebe o sol da tarde, e também próximo do processo industrial que realiza a troca de calor.

Uma alternativa que ajudaria a resolver este fato é a melhor alocação destes equipamentos, ou uma aplicação de isolamento térmico na parede externa e melhoramento da ventilação.

Os vazamentos de ar foram mostrados para o serviço de manutenção, e corrigidos imediatamente, assim como a retirada dos tubos sem uso.

Quanto à manutenção preventiva, recomenda-se a limpeza de todos os componentes dos equipamentos, a lubrificação, a verificação das correias e rolamentos, o alinhamento das polias e a inspeção de vazamentos ao longo da linha de transporte. Tais ações devem ser feitas quinzenalmente [BARROS, 2013].

h) Motores elétricos

Na indústria, existem seis motores executando trabalhos distintos. Os motores de 5 CV são utilizados respectivamente para talha (transporte) e movimento das pás para

mistura do fluido. Os motores de 2 CV são utilizados respectivamente para embalamento de páletes, e transporte de matéria prima dentro de tubulação. O motor de 1 CV é utilizado para a movimentação da cinta transportadora.

A Tabela 19 descreve os motores, apresentando o tempo de funcionamento, categoria e energia elétrica utilizada.

Tabela 19 Dados de motores elétricos da indústria de lubrificantes.

Equipamento	Quantidade	Potência Unitária (CV)	Potência Total (kW)	Categoria	Horas de Funcionamento	Dias/Mês	Energia Mensal (kWh)
MOTOR A (TALHA E MISTURADOR)	2	5,00	7,36	H	4,00 3 HORAS +1 HORA	22,00	647,680
MOTOR B (EMBALADORA)	1	2,00	1,47	N	3,00	22,00	97,15
MOTOR C (BOMBEAMENTO DO FLUIDO)	2	2,00	2,94	N	6,00	22,00	388,60
MOTOR D (ESTEIRA)	1	1,00	0,73	H	6,00	22,00	97,15
TOTAL			12,51				1.230,59

Com exceção do motor da esteira rolante, nenhum outro motor possui equipamentos como *soft-starter*, partida estrela-triângulo, inversor de frequência ou capacitor acoplado ao mesmo.

Constatou-se também que os motores são acionados somente quando necessário e não ficam operando a vazio.

O tipo do processo industrial não requer um número elevado de motores elétricos como outras indústrias, esta por sua vez possui apenas 2 motores de grande porte (maior que 5 CV), que são utilizados para transporte e a mistura em processos industriais.

Para verificação de conformidade em relação às cargas acopladas, apresenta-se a Tabela 20, que expõe o resultado dos cálculos para as potências dos motores e as potências atuais utilizadas. Estes cálculos são apresentados no Apêndice B.

Tabela 20 Cálculos de potência dos motores elétricos.

Motor	Potência calculada	Potência utilizada
Talha	5 CV	5 CV
Embaladora	2 CV	2 CV
Bombeamento do fluido	2 CV	2 CV
Esteira	1 CV	1 CV

Verifica-se através da Tabela 20 que os motores estão dimensionados corretamente. Em relação à categoria utilizada dos motores elétricos, ao contrapor os dados da Tabela 19 com a bibliografia da NBR- 7094 (ABNT-2003), constatou-se que

os mesmos também estão sendo empregados corretamente (categoria de motores elétricos).

Para os motores elétricos, recomenda-se limpar e lubrificar todos os componentes que estão conectados aos mesmos, num intervalo de 15 dias [BARROS, 2013]. Recomenda-se também utilizar dispositivos de partida nestes motores. O mais aconselhável é a partida estrela-triângulo.

i) Aquecimento de fluido:

A unidade conta com duas resistências de imersão para tratamento de fluido. Estas resistências, na maior parte do tempo não são acionadas em conjunto, e sim alternadamente, pois o seu uso depende da demanda de produção, que é solicitada pela gerência. A Tabela 21 apresenta os dados da resistência elétrica de imersão.

Tabela 21 Dados de aquecimento de fluidos da indústria de lubrificantes.						
Equipamento	Quantidade	Potência unitária (w)	Potência total (kw)	Horas de funcionamento	Dias/mês	Energia mensal (kwh)
Resistência elétrica de imersão	2	50.000w	100kw	7	18	12.600

O principal processo industrial da organização é o aquecimento do fluido para separação em várias categorias e especificações de lubrificantes derivados do petróleo e óleos sintéticos. Para tanto a indústria possui uma máquina de fabricação italiana (marca não disponível) que realiza tal processo contando com uma caldeira e duas resistências elétricas de imersão. Cada uma destas resistências é de 50 kW.

Este equipamento faz parte do processo mais importante e significativo da produção de lubrificantes, a efetividade de sua utilização depende de pedidos feitos pelo departamento de vendas em conjunto com o sistema gerencial. Quanto maior a demanda de pedidos, mais utiliza-se este maquinário, logo o consumo de energia elétrica aumenta, necessitando em alguns momentos, o uso conjunto das duas resistências elétricas.

A manutenção deste equipamento é realizada por uma empresa terceirizada.

j) Fator de potência

A Tabela 22 apresenta os dados de fator de potência dos motores, compressores e bombas hidráulicas da unidade, bem como dados de tempo de uso e fabricante dos equipamentos.

Tabela 22 Dados de fator de potência de equipamentos da indústria de lubrificantes.

Motor	Potência (CV)	Fabricante	Tempo de uso (anos)	Fator de Potência
Talha	5,00	WEG	3,00	0,87
Misturador	2,00	WEG	4,00	0,87
Esteira	1,00	WEG	3,00	0,92
Bombeamento Fluido	2,00	TETRALON	4,00	0,91
Bomba água A	2,00	DANCOR	3,00	0,76
Bomba água B	1,00	INTECH MACHINE	3,00	0,76
Compressor A	15,20	NAGANO	3,00	0,78
Compressor B	5,06	SCHULZ	3,00	0,78

Conforme descrito anteriormente, a legislação nacional responsável pelo gerenciamento do fornecimento de energia elétrica fixou o valor mínimo de 0,92 para o fator de potência medido mensalmente para consumidores de energia elétrica do grupo A. Isto significa que, se o valor medido do FP for menor que 0,92, será cobrada uma multa referente ao valor abaixo do limite.

Estes parâmetros são lidos na fatura de energia elétrica como FER (Faturamento de Energia Reativa) e FDR (Faturamento de Demanda Reativa).

No caso da organização em questão, os valores observados nas tarifas de energia elétrica, são elevados (FP medido = 0,94) em relação ao valor fixado pela legislação regente, proporcionando à empresa regularidade em relação a legislação.

O motivo do fator de potencia medido pela concessionária ser adequado, está relacionado à alta carga resistiva que caracteriza o consumo de energia elétrica da unidade.

A Figura 12 ilustra os valores medidos pela concessionária entre os meses de janeiro/2014 e dezembro/2014.

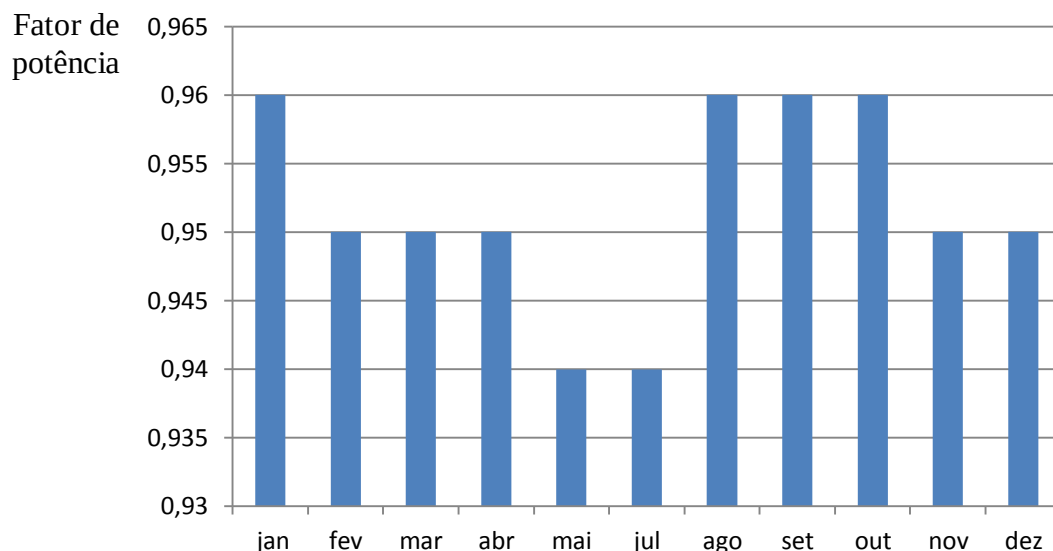


Figura 12 Fator de potência medido entre jan/2014 e dez/2014 da indústria de lubrificantes.

O eixo das ordenadas expressa os valores máximos e mínimos do fator de potência medido pela concessionária, e o eixo das abscissas apresenta os meses do ano de 2014, do qual estas medições foram realizadas. O valor médio do fator de potência medido pela concessionária é de 0,94.

Observa-se que a variação mínima e máxima do valor medido pela concessionária é muito próxima umas das outras, portanto os dados expressos na Figura 12 indicam que a indústria não necessita de nenhum estudo para correção do fator de potência.

Entretanto, salienta-se que há efeitos negativos na instalação elétrica causados pelo baixo fator de potência. Recomenda-se realizar uma verificação constante no funcionamento dos equipamentos eletrônicos ligados à rede elétrica. Caso tal aviaria apresentar-se constante a ponto de danificar os dispositivos internos, deve-se corrigir o fator de potência da indústria. Entretanto, não houve reportações sobre o mau funcionamento dos equipamentos e realmente nenhum deles apresentou-se com funcionamento irregular.

k) Faturamento de energia elétrica

A empresa enquadra-se como cliente do Grupo A, subdividida em A4 convencional, atendida pela concessionária Enersul. A tarifação vigente na data de 24/9/2014 é descrita na Tabela 23.

Tabela 23 Custo das parcelas que compõem a tarifa bimônia de energia elétrica.

Valor da energia cobrada para cada kWh	R\$ 0,19720
Valor da demanda cobrado para cada kW	R\$ 39,86
Valor cobrado para energia reativa	Base de cálculo através da resolução 414/2010
Valor cobrado para iluminação pública	A Emenda Constitucional nº 39/02, de 19.12.02, acrescenta o art. 149-A à Constituição Federal, instituindo contribuição para custeio do serviço de iluminação pública nos Municípios. O valor da contribuição depende da lei criada no município.

Fonte: ENERSUL, 2014.

Conforme dito, a empresa encontra-se enquadrada no fornecimento regido pela legislação do grupo A, significando que a mesma paga por energia elétrica consumida (potência elétrica multiplicada pelo tempo de uso), mais a demanda contratada (a concessionária se prepara para fornecer cada kW que o cliente solicitou em contrato), como pode ser visto na Tabela 23. É cobrado também a energia reativa (energia que provoca danos a toda rede elétrica; portanto esta é faturada com o intuito que seja minimizada a sua geração) e por final é somado o custeio de iluminação pública e impostos.

Para melhor explicar o contexto tarifário da indústria de lubrificantes apresenta-se a Tabela 24 que contém os dados medidos e tarifados pela concessionária de eletricidade, somente para os valores de consumo de energia e demanda, utilizando como exemplo o mês de dezembro de 2014. O cálculo de custeio apoiou-se na Tabela 24.

Tabela 24 Componentes da tarifa de energia elétrica da indústria de lubrificantes.

Parcelas	Valores	Custos (R\$)
Consumo de energia elétrica (kWh)	14202,07	2.800,65
Demanda (kW)	209,19	9.965
Total da fatura (sem impostos, encargos e taxas de iluminação pública)		12.765,65

A demanda contratada é de 250 kW por mês, significando que a empresa deve pagar mensalmente a quantia de R\$ 9965,00 utilizando ou não os kW contratados. Portanto o valor de 209,19 kW observado na Tabela 27, são tarifados como 250 kW pela concessionária, desde que não sejam ultrapassados.

Os valores de demanda consumida pela organização são apresentados na Tabela 25, onde se pode observar que no período de abordagem deste estudo em momento algum o valor de demanda foi ultrapassado. Além disso, o valor utilizado é mais baixo que o contratado.

Tabela 25 Valores de demanda consumida pela indústria de lubrificantes.

Mês	Demanda utilizada
jan	212
fev	210
mar	213
abr	210
mai	212
jun	212
jul	210
ago	211
set	215
out	211
nov	210
dez	206

A Figura 13 apresenta os valores de energia elétrica (kWh) consumidos e tarifados pela concessionária, entre os meses de janeiro a e dezembro de 2014.

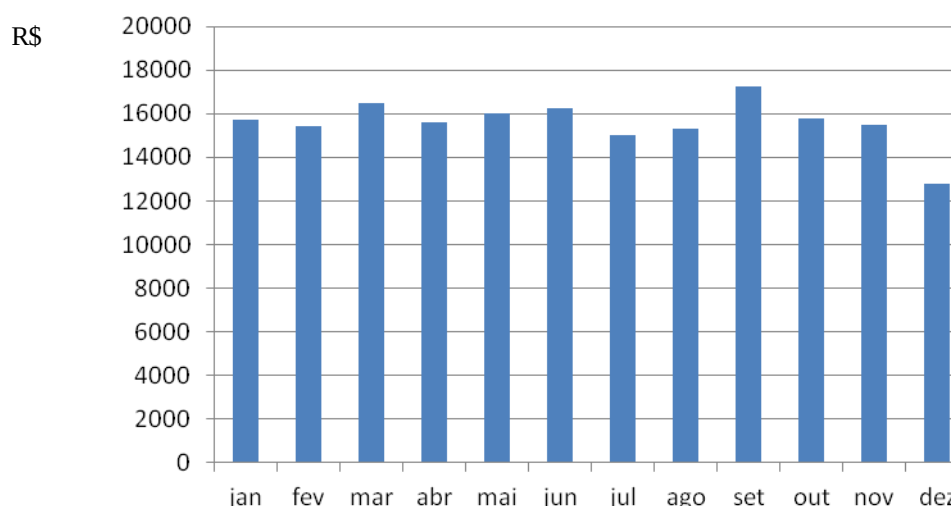


Figura 13 Valores das tarifas de energia elétrica entre os meses de jan/2014 e dez/2014 da indústria de lubrificantes.

Esta pouca variação do valor tarifado deve-se à atividade exercida pela indústria, uma vez que ela opera com uma programação industrial bastante constante, sem fatores que impactam no regime de produção, tais como estratégias mercadológicas ou condições climáticas.

Um dado observado de relevância é o horário de funcionamento da indústria que opera somente no horário comercial, ou seja, não utiliza-se de equipamentos elétricos pesados em horários de ponta¹¹.

¹¹ Corresponde a um intervalo de três horas durante o dia em que ocorre maior demanda de energia elétrica [Barros, 2013].

Os valores mensais tarifados na fatura bimônia de energia elétrica da indústria são descritos na Tabela 26.

Tabela 26 Tarifação mensal de energia elétrica entre os meses de janeiro a dezembro de 2014 da indústria de lubrificantes.

Mês	Valor (R\$)
jan	15737,54
fev	15440,49
mar	16488,92
abr	15590,62
mai	16037,09
jun	16259,29
jul	15016,43
ago	15284,31
set	17239,88
out	15802,78
nov	15496,16
dez	12765,65
Média	15596,60

A Tabela 27 apresenta as parcelas que compõem a média da tarifa de energia elétrica (somente energia; sem demanda) dividida em energia elétrica mensal, valor tarifado e porcentagem.

Tabela 27 Parcelas da tarifa média de energia elétrica da indústria de lubrificantes.

Parcela (item consumidor)	Energia elétrica mensal (kWh)	Valor tarifado (R\$)	Percentual (%)
Iluminação	3.430,40	675,78	12,00
Condicionadores de ar	2.640,00	520,08	9,24
Chuveiros	4.752,00	936,14	16,62
Tomadas de uso geral	1.059,90	208,80	3,70
Ventilação	1.133,44	223,28	3,96
Bombeamento	97,15	20,00	0,35
Compressores	1.641,00	323,27	5,54
Motores elétricos	1.230,59	242,42	4,30
Aquecimento do fluido	12.600,00	2.482,20	44,07
Total	28.584,48	5.631,14	100

Os valores de energia elétrica reativa não estão irregulares na conta de energia elétrica devido ao adequado fator de potência (FP) medido na organização. Este alto fator de potência ($>0,92$) deve-se a elevada carga resistiva pura gerada pelas resistências elétricas de imersão utilizadas no processo industrial, que representa 44,07% de todo o consumo de energia elétrica da organização.

Analisando os valores de demanda contratada *versus* demanda máxima utilizada, verifica-se através da Figura 14, um equívoco no contrato realizado. Os valores de demanda contratada são maiores que a quantidade de demanda utilizada. Ou seja, está se pagando por demanda que não esta sendo utilizada.

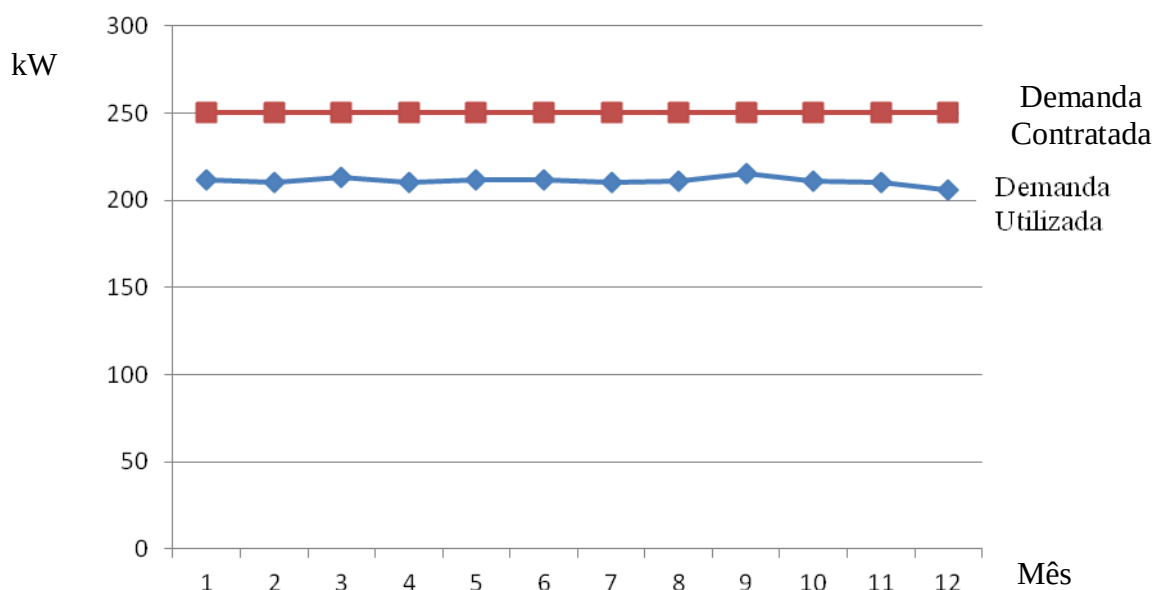


Figura 14 Demanda contratada e demanda útil da indústria de lubrificantes.

Portanto, existe para este quesito uma oportunidade de redução considerável na tarifa de energia elétrica, ao se ajustar o valor contratado para a demanda com a concessionária. Considerando os meses parametrizados na Figura 14, observa-se que a máxima demanda medida foi de 215 kW. Neste caso, pode-se firmar um novo contrato, que atualmente é de 250 kW para o valor de 205 kW, que representa 5% de 215 kW¹², isto é possível porque a indústria pode exceder em 5% o valor de demanda contratada sem pagar multa. Este ajustamento no contrato tarifário representará uma redução superior à R\$ 1.750,00 em todos os meses.

Tratando de energia elétrica consumida, foram simuladas as duas possíveis migrações para os tipos de contratos de fornecimento existentes: horo-sazonal azul e horo-sazonal verde. O intuito para tais simulações foi a verificação de uma possível redução sobre o valor atual pago pela energia elétrica, caso ocorra a migração de modalidade tarifária. As simulações estão descritas na Tabela 28.

Tabela 28 Simulações de tarifas de energia elétrica para indústria de lubrificantes.	
Modalidade tarifária analisada	Valor calculado para tarifação mensal (R\$)
Horo-sazonal Azul	10102,57
Horo-sazonal Verde	10143,12
Convencional	15596,60

¹² A condição ideal considera que a demanda máxima registrada no ciclo de medição seja menor que a demanda contratada acrescida do percentual de tolerância fixado pela resolução 414(2010) da Aneel em 5% [Aneel, 2010].

Através da Tabela 28, observa-se uma diferença considerável entre a modalidade tarifária atual (A4 convencional) e as modalidades tarifárias simuladas (horo-sazonais). Recomenda-se, portanto realizar um novo contrato utilizando da modalidade horo-sazonal Azul.

4. RESULTADOS

De acordo com o levantamento de dados e as análises realizadas, a seguir são apresentadas as principais recomendações referentes à aplicação da metodologia no caso da obtenção da eficiência energética na indústria avaliada. Estas recomendações objetivam dar consistência ao presente trabalho e permitir aplicações bem-sucedidas do modelo metodológico utilizado.

Este capítulo trata da apresentação da do projeto de eficiência energética, objeto principal da presente dissertação. O método proposto foi concebido para aplicação e obtenção de resultados tanto nas cifras da fatura de energia elétrica quanto nos impactos ambientais.

Adotou-se o formato 'passo-a-passo' para melhor apresentar as ações pertinentes à obtenção da eficiência energética na indústria alvo deste estudo. Cada etapa é composta de uma tabela contendo as devidas sugestões e considerações abordando o item em questão.

4.1. ILUMINAÇÃO INDUSTRIAL

Para melhor compreensão apresenta-se a Tabela 29, que expõe resumidamente as ações sobre a iluminação industrial a ser realizada na indústria de lubrificantes.

Tabela 29 Recomendações para o sistema de iluminação da indústria de lubrificantes.

Problema catalogado	Ação pertinente
Lâmpadas e luminárias empoeiradas	Limpeza quinzenal do conjunto
Luminárias providas de difusores ou protetores	Retirada dos difusores e protetores das luminárias
Não utilização da luz natural	Abertura de janelas nas paredes laterais e instalação de telhas translúcidas.
Luminárias do teto elevadas	Rebaixamento das luminárias do teto.
Paredes e piso com cores opacas	Pintura das paredes e piso com tinta branca.
Lâmpadas fluorescentes utilizando reatores de baixo fator de potência	Na queima dos mesmos, substituir por reatores de alto fator de potência
Não utilização de relés fotovoltaicos	Instalação de relés fotovoltaicos na iluminação do estacionamento
Não utilização de sensores de presença nos banheiros e estoques	Instalação de sensores nos banheiros e estoque
Falta de empenho dos colaboradores	Instrução sobre a utilização racional
Utilização de lâmpadas incandescentes	Substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas eletrônicas

Elaborou-se um plano de manutenção preventiva para o sistema de iluminação da empresa, descrito em Apêndice. Tal plano orienta sobre ações e limpezas. Quanto às proteções e difusores, como pode ser observado na Figura 15, recomenda-se a retirada dos mesmos, uma vez que são dispositivos meramente estéticos.



Figura 15 Luminária provida de proteção.

Fonte: PEREIRA, 2009.

A indústria de lubrificantes peca em não utilizar luz natural, portanto recomenda-se utilizar telhas translucidas e aberturas e forma de vãos nas paredes laterais. A Figura 16 ilustra como deve realizar estas alterações.



Figura 16 Sugestões de adequações nas paredes laterais para captação da luz solar.

Fonte: PEREIRA, 2009.

O fato das luminárias encontrarem-se distantes mais de 5 m do solo, torna o sistema ineficiente, pois há um desperdício de energia luminosa em volumes que não requerem iluminação. A Figura 17 expõe uma solução para esta ação.



Figura 17 Rebaixamento da iluminação industrial sugerida para indústria de lubrificantes.
Fonte: PEREIRA, 2009.

Uma solução para o problema das paredes de cor opaca é a pintura dos mesmos com cal para pintura¹³. Esta solução é de fácil e rápida aplicação, não necessita de mão-de-obra especializada e é econômica em relação a outros métodos.

Quanto aos reatores das lâmpadas de 40 e 60 W, que são de baixo fator de potência, devem ser substituídos por reatores eletrônicos de alto fator de potência, que diminuem as perdas de energia elétrica. Porém esta ação deve ser realizada somente quando houver a necessidade de troca destes reatores.

Recomenda-se a instalação de dispositivos para acender e apagar as lâmpadas (relé fotovoltáico) das luminárias do estacionamento e de áreas externas, pois observou-se que as lâmpadas destes locais ficavam acessas algumas horas após a presença da iluminação do sol. Isto ocorre devido ao fato de que o primeiro funcionário (responsável da guarita) chega para o expediente as 6h00min, que é o momento em que estas lâmpadas são desligadas.

Para os recintos dos banheiros e estoques, recomenda-se a instalação de sensores de presença, que auxiliam no desligamento das lâmpadas em momentos que não há presença de pessoas.

Em reuniões com a diretoria da indústria, propôs-se um treinamento sobre o uso racional da energia elétrica, principalmente da iluminação, pois a maioria dos

¹³ Substância encontrada em depósitos de matérias para construção, comercializada com o propósito de pintura.

funcionários não a utilizava racionalmente. Tal treinamento foi realizado logo no começo deste trabalho.

Quanto ao tipo das lâmpadas, estas estão corretas em relação ao emprego e dimensionamento, sugere-se somente a substituição de algumas lâmpadas utilizadas nos banheiros, que são incandescentes. Sugere-se ainda realizar a troca por lâmpadas eletrônicas de 20 W.

Outra proposta seria o uso de lâmpadas *LED*, observa-se, entretanto que atualmente estas lâmpadas não estão facilmente encontradas no mercado e o preço de aquisição está mais custoso comparado com outros tipos de lâmpadas.

A Tabela 30 apresenta os custos relacionados às alterações sugeridas para o sistema de iluminação.

Tabela 30 Custos de implantação das sugestões para conservação de energia no sistema de iluminação elétrica da indústria de lubrificantes.

Ação	Custo R\$
Lâmpadas e luminárias empoeiradas	0,00
Luminárias providas de difusores ou protetores	0,00
Abertura de janelas para utilização da luz natural	2500,00
Rebaixamento das luminárias	200,00
Pintura de paredes e piso	100,00
Aquisição de reatores de alto fator de potência	500,00
Aquisição de relés fotovoltaicos	50,00
Aquisição de sensores de presença	216,00
Treinamento dos colaboradores	0,00
Substituição das lâmpadas incandescentes por lâmpadas eletrônicas	50,00
Total	3616,00

Observa-se na Tabela 30 que os custos de manutenção não estão sendo somados. Isto ocorre porque a empresa possui uma equipe de manutenção que faz parte do quadro fixo de funcionários e que deve ter as atribuições de realizar ações de combate ao desperdício de energia elétrica. Quanto aos treinamentos, foram realizados durante o próprio expediente de forma a prejudicar o mínimo a produção.

4.2. CONDICIONADORES DE AR

A Tabela 31 apresenta ações de conservação de energia para os aparelhos condicionadores de ar da indústria de lubrificantes.

Tabela 31 Recomendações para o sistema de conforto ambiental na indústria de lubrificantes.

Problema	Ação pertinente
Evaporadores e condensadores sem limpeza	Limpeza bimestral
Filtros sem limpeza	Limpeza mensal
Portas sem vedação	Inserir borrachas vedantes
Falta de empenho dos colaboradores	Instrução sobre a utilização racional

O plano de manutenção preventiva, anteriormente citado, abrange não somente a limpeza dos aparelhos de ar condicionado como também todos os pontos da indústria.

O plano sugere a retirada e limpeza dos evaporadores, condensadores e filtros dos aparelhos de ar condicionado. Os filtros devem receber limpeza quinzenal e o restante a cada dois meses.

Quanto à vedação das portas, recomenda-se a utilização de borrachas específicas para tal caso. A Figura 18 apresenta este tipo de vedação.



Figura 18 Sugestões para vedação de portas de recintos com ar condicionado na indústria de lubrificantes.

Fonte: PEREIRA, 2009.

A Tabela 32 apresenta os custos relacionados às alterações sugeridas para o sistema de ar condicionado.

Tabela 32 Custos de implantação das sugestões para conservação de energia no sistema de conforto térmico da indústria de lubrificantes.

Ação	Custo (R\$)
Limpeza dos aparelhos	0,00
Vedação das portas	250,00
Treinamento dos colaboradores	0,00
Total	250,00

Observa-se que atualmente existe um tipo de aparelho de ar condicionado que melhor conserva a energia elétrica. Este aparelho é denominado *inverter*. Caso houver a queima dos aparelhos atualmente em uso, recomenda-se a utilização de *inverters*.

4.3. CHUVEIROS ELÉTRICOS

As recomendações sobre as alterações para obtenção de eficiência energética no sistema de aquecimento elétrico de água para chuveiros são apresentadas na Tabela 33.

Tabela 33 Recomendações para o sistema de chuveiros elétricos da indústria de lubrificantes.

Problema	Ação pertinente
Falta de empenho dos colaboradores	Instrução sobre a utilização racional
Falta de uso de controladores de tempo do uso	Instalação de controladores programáveis
Não utilização de fontes alternativas de energia	Instalação de sistemas híbridos

Para o sistema de chuveiros elétricos da indústria de lubrificantes recomenda-se a instalação de controladores de funcionamento para um tempo de 5 minutos de banho para cada funcionário.

Outra solução recomendável é a utilização da energia térmica provida do sol para aquecimento da água em coletores solar dispostos no telhado. Tal ação depende do investimento dos coletores propriamente ditos, de tubulações apropriadas e de armazenadores térmicos dispostos próximos aos chuveiros, além dos custos de instalação.

A Tabela 34 disponibiliza os custos de investimento e o seu tempo de retorno.

Tabela 34 Custos de implantação de aquecedores solar na indústria de lubrificantes.

Custo de aquisição	Custo de instalação	Tempo de retorno (pay-back)
RS 19.000,00	RS 2.000,00	2 anos

Se a substituição for adquirida, recomenda-se instalar os coletores com uma angulação de 40° direcionados para o sol da tarde [PALZ, 1981].

Vale ressaltar que um estudo recente aponta sobre custos os de utilização de tipos de sistemas de aquecimento de água para banho. Neste caso, o mais recomendável é o sistema híbrido, que funciona tanto com a energia elétrica (quando necessário), quanto com a energia térmica provida do sol [MAY, 2009].

Os custos relacionados com as sugestões de alterações para o sistema de aquecimento de água para chuveiros são apresentados na Tabela 35.

Tabela 35 Custos de implantação das sugestões para conservação de energia no sistema de aquecimento de água para chuveiros na indústria de lubrificantes.

Ação	Custo (R\$)
Treinamento dos colaboradores	0,00
Aquisição de controladores de tempo do uso	800,00
Utilização de fontes alternativas de energia	21.000,00
Total	21.800,00

4.4. VENTILAÇÃO INDUSTRIAL

Obter a eficiência energética e ao mesmo tempo controlar a temperatura interna da instalação da indústria deste estudo apresenta-se uma atividade complexa, pois o aquecedor de fluidos, somada as condições estruturais da instalação aumentam consideravelmente a temperatura interna. Portanto, as recomendações são restritas e custosas.

O ideal neste caso seria a instalação de climatizadores que funcionam a base de evaporação e circulação de água. Através de um estudo realizado com duas marcas de climatizadores verificou-se o resultado em relação ao custo do investimento e da eficiência:

Desta forma, através de uma visita *in loco* na indústria de lubrificantes, os representantes dos fabricantes (marcas A e B), determinaram a quantidade de climatizadores e suas especificações. Os dados de custos de aquisição, do consumo de energia elétrica e do consumo de água destes equipamentos estão descritos na Tabela 36. O custo de instalação esta incluso no custo unitário do aparelho.

Tabela 36 Dados dos equipamentos de climatização da indústria de lubrificantes.				
Marca	Quantidade necessária de climatizadores	Custo unitário (R\$)	Custo unitário de energia mensal (R\$)	Consumo unitário de água mensal (R\$)
A	3	12.000,00	242,00	300,00
B	4	9.800,00	90,00	300,00

Verifica-se através da Tabela 36, que o custo de aquisição dos climatizadores da marca A será de R\$ 36.000,00, quanto o custo de aquisição do climatizador da marca B será de R\$ 39.200,00. Quanto ao custo de energia elétrica, o equipamento da marca B apresenta-se mais econômico que o da marca A. A diferença no custo de aquisição das duas marcas, terá retorno (*pay-back*) em menos de 2 anos com a economia na tarifa de energia elétrica. Portanto sugere-se a aquisição do climatizador da marca B.

Caso a aquisição dos climatizadores não seja realizada, recomenda-se fazer a manutenção dos ventiladores industriais semanalmente, limpando todo o aparelho e lubrificando os elementos de máquinas a eles acoplados. A fixação na parede também deve ser observada. Sugere-se uma verificação do balanceamento das pás a cada 6 meses.

Recomenda-se também a abertura de janelas nas paredes laterais da indústria de lubrificantes, pois desta forma o aproveitamento de luz e vento naturais serão melhor aproveitadas. Observa-se entretanto que esta medida deve ser realizada mesmo com a

instalação dos climatizadores e que esta recomendação não irá comprometer a qualidade do produto fabricado (contaminações, sujeiras, etc).

Os custos relacionados às recomendações no sistema de ventilação industrial são apresentados na Tabela 37.

Tabela 37 Custos de implantação das sugestões para conservação de energia no sistema de ventilação industrial da indústria de lubrificantes.

Ação	Custo (R\$)
Manutenção dos ventiladores	0,00*
Balanceamento das pás	800,00
Total	800,00

* Não considerando as peças de reposição.

4.5. BOMBAS HIDRÁULICAS

Para melhoria da eficiência energética apresenta-se a Tabela 38 como sugestões.

Tabela 38 Recomendações para o sistema de bombeamento de água na indústria de lubrificantes.

Problema	Ação pertinente
Subdimensionamento da Bomba A	Substituição por uma Bomba de 3 cv
Sobredimensionamento da Bomba B	Substituição por uma Bomba de $\frac{3}{4}$ cv
Falta de manutenção no sistema	• Limpeza quinzenal das aletas • Lubrificação quinzenal dos elementos de máquinas • Verificação da tubulação de transporte do fluido

Para o caso das substituições das Bombas A e B, sugere-se que esta ação seja realizada somente em caso de necessidade de troca por inoperação das mesmas.

Os custos para melhorias de eficiência energética no sistema de bombeamento de água são apresentados na Tabela 39.

Tabela 39 Custos de implantação das sugestões para conservação de energia no sistema de bombeamento de água na indústria de lubrificantes.

Ação	Custo (R\$)
Manutenção	0,00
Substituição da Bomba A	800,00
Substituição da Bomba B	650,00
Total	1.450,00

Vale lembrar que o bombeamento de água consome apenas 0,35% de energia elétrica em relação à potência total instalada da empresa.

4.6. COMPRESSORES DE AR

As recomendações pertinentes para melhoria da eficiência energética no sistema de ar comprimido da indústria de lubrificantes são apresentadas na Tabela 40.

Tabela 40 Recomendações para o sistema de ar comprimido da indústria de lubrificantes.

Problema	Ação pertinente
Falta de arrefecimento no compressor e a alta temperatura no compressor	Isolar termicamente a parede externa próxima ao compressor, aplicar ventilação forçada ou alocar melhor o compressor
Falta de manutenção em todo o sistema de ar comprimido	• Limpeza quinzenal das aletas do compressor; • Lubrificação e verificação semanal das polias, correias e outros elementos de máquinas acoplados; • Limpeza semanal do filtro de aspiração; • Limpeza e verificação semanal dos purgadores; • Verificação mensal de vazamentos na tubulação, conexões, junções, engates rápidos e nos equipamentos que utilizam o ar comprimido • Verificar semanalmente se o pressostato está regulado de acordo com valores estipulados pelo fabricante

O custo de isolamento térmico na parede externa próxima ao compressor é de R\$ 800,00 e o custo de ventilação forçada é de R\$ 300,00 (sugere-se utilizar o ventilador da marca ARGE, modelo Stylo).

4.7. MOTORES ELÉTRICOS

A Tabela 41 apresenta as recomendações pertinentes para a melhoria de eficiência energética no processo de conversão eletromecânica de energia nos motores elétricos da indústria de lubrificantes.

Tabela 41 Recomendações para o sistema eletromotriz da indústria de lubrificantes.

Problema	Ação pertinente
Falta de manutenção	• Limpeza quinzenal das carcaças e dos elementos de máquinas acoplados; • Verificação dos componentes e do pleno funcionamento.
Partidas fora de conformidade	Instalar dispositivos de partidas estrela- triângulo nos motores da talha, misturador e da embaladora

Os custos relacionados à aplicação das ações recomendadas na Tabela 41, são apresentados na Tabela 42.

Tabela 42 Custos de implantação das sugestões para conservação de energia no sistema eletromotriz da indústria de lubrificantes.

Ação	Custo (R\$)
Manutenção	0,00
Instalação de partidas estrelas-triângulo	400,00
Total	400,00

4.8. TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA RACIONAL

Sugere-se a alteração do contrato de energia elétrica para modalidade Azul

4.9. ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA

Nesta seção serão apresentadas as análises das viabilidades econômicas para os investimentos financeiros dos itens:

- Iluminação;
- Ar condicionado;
- Chuveiros;
- Ventilação;
- Compressores;
- Motores elétricos.

Para analisar a viabilidade econômica de investimentos e ações sugeridas, apresenta-se a análise da viabilidade econômica dos valores de investimentos e as possíveis economias que cada sistema pode oferecer de redução à tarifa de energia elétrica.

4.9.1. ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO INDUSTRIAL

Para melhor quantificar, o sistema de iluminação, apresenta-se a Tabela 43, contendo valores mensais de consumo de energia e custos da tarifação, melhor apresenta tais quantificações.

Tabela 43 Quantificação do sistema de iluminação da indústria de lubrificantes.

Energia mensal atual (kWh)	2.610,40
Custo mensal atual (R\$)	528,52*
Ações sugeridas	• Abertura de janelas laterais; • Pintura de paredes e pisos; • Manutenção; • Rebaixamento de luminárias.
Investimento (R\$)	3616,00
Economia de energia elétrica	40 % ou 844,80 kWh
Previsão de economia tarifária mensal após o investimento (R\$)	329,70
VPL (Valor presente líquido)	
Pay-back	
TIR (Taxa interna de retorno)	

*Este valor não está considerando o custo com iluminação nos estacionamentos e áreas externas, uma vez que estão não oferecem oportunidades de conservação de energia.

Pode observar-se, portanto, através da Tabela 43 que o custo de iluminação desta indústria pode ser reduzido de R\$ 528,52 para R\$ 329,70 se as alterações e sugestões forem devidamente realizadas.

Quanto ao VPL, este mostra-se atrativo e o tempo de retorno é relativamente curto para tal implementação.

4.9.2. ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA DE AR CONDICIONADO

Tratando da quantificação do sistema de ar condicionado, a Tabela 44 apresenta os dados de custos atuais e com redução de energia elétrica.

Tabela 44 Quantificação do sistema de ar condicionado da indústria de lubrificantes.

Energia mensal atual (kWh)	2640
Custo mensal atual (R\$)	520,08
Ações sugeridas	• Manutenções e treinamentos; • Vedações de portas.
Investimento (R\$)	250,00
Economia de energia	5% ou 132 kWh
Previsão de economia tarifária mensal após o investimento (R\$)	494,07
VPL	2124,01
Pay-Back	0,9
TIR	68,47

Vale ressaltar que os treinamentos para o uso racional dos aparelhos de ar condicionados podem aumentar significativamente a economia mensal deste sistema, uma vez que observou-se o uso incorreto em vários momentos do expediente (intervalos), além da utilização em dias com temperaturas amenas.

4.9.3. ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA DE CHUVEIROS ELÉTRICOS

Quanto ao sistema de chuveiros elétricos, a Tabela 45 e Tabela 46 apresentam as quantificações de economias para dois casos:

- Instalações de controladores de tempo de banho;
- Utilização de sistema híbrido para o aquecimento de água (fontes renováveis).

Tabela 45 Quantificação do sistema de chuveiros elétricos da indústria de lubrificantes.

Energia mensal atual (kWh)	4752
Custo mensal atual (R\$)	936,14
Ações sugeridas	Instalações de controladores de tempo
Investimento (R\$)	800,00
Economia de energia	50% ou 2376,00 kWh
Previsão de economia tarifária mensal após o investimento (R\$)	468,07
VPL	13168,25
Pay-Back	0,2
TIR	13138,25

Tabela A Tabela 46 apresenta uma quantificação de custos quanto à utilização de sistema híbrido no aquecimento de água para chuveiros.

Tabela 46 Quantificação do sistema híbrido de chuveiros da indústria de lubrificantes.

Energia mensal atual (kWh)	Custo mensal atual (R\$)	Ações sugeridas	Economia de energia	Custo mensal final (R\$)
4752	936,14	Instalações do sistema híbrido	Até 80%	Zero

Tratando de sistema híbrido para o aquecimento de água para banho, é difícil quantificar os custos que realmente podem ser reduzidos do faturamento de energia elétrica, pois em dias nublados sem a exposição de sol, o sistema não é aquecido por esta fonte. Porém estudos apontam que este método é o mais eficaz e econômico [MAY, 2009].

4.9.4. ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO INDUSTRIAL

A quantificação do sistema de ventilação industrial apresenta-se o assunto mais complicado deste estudo, uma vez que a ventilação propriamente dita não alterava consideravelmente a temperatura interna da edificação industrial (visto elevadas temperaturas), e uma solução para o problema é bastante custosa quanto a aquisição e irá acrescentar valores a tarifa de energia elétrica.

Uma solução para este problema seria a instalação de climatizadores evaporativos. Observa-se, entretanto, que esta solução não é economicamente viável porque necessita de inúmeros equipamentos custosos e aumentaria o consumo de energia elétrica e o consumo de água, não apresentando, portanto uma solução de eficiência energética.

Este estudo não objetiva propor soluções para sanar o conforto térmico da indústria, e sim reduzir custos de tarifa de energia elétrica e indiretamente reduzir os impactos ambientais.

A quantificação dos custos referentes à obtenção de eficiência energética para o sistema de ventilação industrial são descritos na Tabela 47.

Tabela 47 Quantificação do sistema de ventilação da indústria de lubrificantes.

Energia mensal atual (kWh)	1.133,44
Custo mensal atual (R\$)	223,28
Ações sugeridas	• Manutenções • Balanceamento de pás
Investimento (R\$)	800,00
Economia de energia	5% ou 56,67 kWh
Previsão de economia tarifária mensal após o investimento (R\$)	212,12
VPL	-466,96
Pay-Back	9,5
TIR	-466,96

A Tabela 47 permite observar que o tempo de retorno (*Pay-back*) com a implementação das sugestões para o sistema de ventilação, de aproximadamente 10 anos, considerado por alguns um tempo elevado, não apresenta uma solução atraente, uma vez que o balanceamento das pás dos ventiladores deve ser executada anualmente.

A Tabela 48 quantifica os custos do sistema de climatizadores evaporativos solicitado pela indústria de lubrificantes.

Tabela 48 Quantificação do sistema de climatizadores da indústria de lubrificantes.

Energia mensal atual (kWh)	Custo mensal atual (R\$)	Ações sugeridas	Economia de energia	Custo mensal final (R\$)
1133,44	223,28	Instalações dos climatizadores evaporativos	Neste caso não há uma economia de energia	390,00

Através da Tabela 48, observa-se que se a instalação de climatizadores evaporativos for realmente feita, o custo somente com este sistema passará de R\$ 223,28 para R\$ 390,00 por mês. Lembrando que este valor de R\$ 390,00 é composto de energia elétrica mais o consumo de água.

4.9.5. ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA DE AR COMPRIMIDO

O sistema de ar comprimido apresenta os valores de quantificação através da Tabela 49.

Tabela 49 Quantificação do sistema de ar comprimido da indústria de lubrificantes.

Energia mensal atual (kWh)	1641,00
Custo mensal atual (R\$)	323,27
Ações sugeridas	• Manutenções; • Controle de temperatura.
Investimento (R\$)	1100,00
Economia de energia	10 % ou 164,10
Previsão de economia tarifária mensal após o investimento (R\$)	290,94
VPL	1283,85
Pay-Back	3,5
TIR	1283,85

Através da Tabela 49, observa-se uma redução de R\$ 32,33 caso as ações de conservação de energia sejam realizadas na empresa. Embora o tempo de retorno (Pay-back) seja alto em relação à outros sistemas, índice VPL apresenta-se positivo, portanto, recomenda-se esta ação.

4.9.6. ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA DE MOTORES ELÉTRICOS

A Tabela 50 apresenta os valores quantificados para o sistema eletromotriz da indústria alvo deste estudo.

Tabela 50 Quantificação do sistema de motores elétricos da indústria de lubrificantes.

Energia mensal atual (kWh)	1.230,59
Custo mensal atual (R\$)	242,42
Ações sugeridas	• Manutenções; • Instalações de partidas.
Investimento (R\$)	400,00
Economia de energia	5% ou 61,52
Previsão de economia tarifária mensal após o investimento (R\$)	230,30
VPL	493,66
Pay-Back	3,4
TIR	493,66

Conforme exposto na Tabela 50, observa-se uma redução mensal de R\$ 12,13 para o sistema de motores elétricos.

Para uma melhor compreensão sobre a quantificação de cada sistema, é apresentada a

Após realizadas as análises de viabilidades técnica e econômica de cada sistema consumidor individualmente, será apresentada uma análise global do uso racional de energia elétrica em dois cenários. O primeiro cenário (Tabela 51) é definido como uma adoção parcial na listagem de modificações de alguns destes sistemas. Neste cenário aplicou-se um investimento menor, pois não envolve grandes mudanças estruturais e investimentos mais custosos.

Tabela A Tabela 51 contendo os valores de energia e custos mensais antes e após as alterações para melhoria da eficiência energética. A Tabela 51 apresenta também os valores dos custos de investimentos para cada sistema consumidor de energia elétrica.

Na Tabela 51 a primeira coluna define-se o sistema consumidor, nas colunas subsequentes tem-se a energia e tarifa mensal atual e energia mensal após a implantação das modificações sugeridas, bem como a economia real e o custo final do investimento. Todos estes itens já foram descritos em detalhes anteriormente.

Após realizadas as análises de viabilidades técnica e econômica de cada sistema consumidor individualmente, será apresentada uma análise global do uso racional de energia elétrica em dois cenários. O primeiro cenário (Tabela 51) é definido como uma adoção parcial na listagem de modificações de alguns destes sistemas. Neste cenário aplicou-se um investimento menor, pois não envolve grandes mudanças estruturais e investimentos mais custosos.

Tabela 51 Quantificação de todos os sistemas consumidores de energia elétrica da indústria de lubrificantes.

Sistema	Energia mensal atual (kWh)	Tarifa mensal (R\$)	Energia mensal após sugestões (kWh)	Tarifa mensal após sugestões (R\$)	Economia	Custo de investimento das sugestões (R\$)
Iluminação	2.112,00	411,84	1.267,20	247,10	164,74	3.616,00
Ar condicionado	2.640,00	520,08	2.508,00	494,07	26,01	250,00
Chuveiros elétricos	4.752,00	936,14	2.376,00	468,07	468,07	800,00
Ventilação	1.133,44	223,28	1.076,76	212,12	11,16	800,00
Compressores	1.641,00	323,27	1.476,90	290,94	32,33	1.100,00
Motores	1.230,59	242,42	1.169,06	230,30	12,12	400,00
Total	13.509,03	2.657,03	9.873,92	1.942,60	714,43	6.966,00

Observa-se que a Tabela 51 não considerou o custo de investimento de instalações de chuveiros híbridos, devido ao alto custo. Cabe, porém, ressaltar que o custo total de adoções de todas as sugestões propostas neste estudo, incluindo o sistema híbrido para chuveiros, custaria um total de R\$ 29.416,00 que prevê uma economia mensal na tarifa de energia elétrica de R\$ 1.336,38, o que representa uma diferença percentual de 11,67%. Nota-se que a tarifa média de energia elétrica é de R\$ 15.556,90.

O segundo cenário (Tabela 52), engloba todos os investimentos da Tabela 51 mais os investimentos de instalação de chuveiros híbridos e a substituição de bombas hidráulicas. Este segundo cenário pode ser observado na Tabela 52, que apresenta o

valor do investimento total, previsão de descontos tarifários e índices de VPL, *Pay-back* e TIR.

Tabela 52 Quantificação total de investimento para indústria de lubrificantes.	
Investimento total (R\$)	29.416,00
Previsão de desconto mensal na tarifa de energia (R\$)	1.336,38
VPL	R\$ 5.6137,86
<i>Pay-Back</i>	2,1 anos
TIR	53%

A Tabela 53 apresenta a comparação entre os dois cenários propostos (Cenário 1 e Cenário 2), onde podem ser verificados os índices financeiros, e é possível também determinar qual cenário é mais vantajoso.

Tabela 53 Comparação entre os dois cenários de investimentos para indústria de lubrificantes

Cenário	1	2
Investimento Total (R\$)	6.966,00	29.416,00
Previsão de economia mensal (R\$)	858,31	1.336,38
Previsão de economia anual (R\$)	83.592,00	16.033,56
Vida útil (anos)	6	8
Taxa de juros (%)	10	10
VPL (R\$)	37.891,96	56.137,86
<i>Pay-Back</i> (anos)	1,7	2,1
TIR	147%	53%

Portanto, através da Tabela 53 conclui-se que o investimento mais atrativo é o cenário 2 pois o VPL é maior que o valor do outro cenário. Apesar do *Pay-Back* ser maior que o valor do cenário 1, o tempo de 2,1 anos é relativamente curto para se obter um retorno do investimento.

5. DISCUSSÕES

Observando as estimativas de benefícios econômicos com a redução do consumo de energia elétrica, conseqüentemente redução na tarifa, verifica-se uma atratividade em aderir ao projeto de eficiência energética proposto.

O projeto de eficiência energética possibilitará além de reduções monetárias para a indústria no faturamento de energia elétrica, uma vez que o projeto prevê uma redução de 650 kW/ano, também proporcionará indiretamente benefícios ao meio ambiente. Evitando-se, desta forma, que esta potência seja gerada, tornando-a assim sustentável.

Salienta-se que para desenvolver o projeto de eficiência energética algumas dificuldades foram observadas, tanto no início das atividades, com a coleta de dados, como na necessidade de envolvimento dos colaboradores na execução das medidas sugeridas. Nota-se que para que o projeto tenha sucesso após o término do diagnóstico deve haver uma sinergia por parte dos usuários de energia elétrica durante o processo fabril. Para que isso ocorra são necessários treinamentos direcionados, comunicação dentro da empresa, além de comprometimento por parte da direção e gerência.

Propõe-se para tanto, definir metas para o consumo de energia elétrica, que devem ser controladas e estipuladas pela gerência.

Muitas atitudes comportamentais vão envolver comprometimento individual para aderir às mudanças necessárias, muitas vezes não revertidas em valores monetários nas tarifas elétricas. Nota-se, entretanto, que pequenas atitudes com relação ao uso de energia podem ser importantes para as gerações futuras no quesito qualidade de vida. Este comportamento é necessário porque recentes pesquisas indicam o uso desenfreado e irracional de energia causam elevados impactos ambientais.

Observa-se que a presente proposta seria mais viável economicamente caso fosse realizada em sua integralidade, entretanto, não há certeza de sua implementação por parte da administração da indústria. Neste caso, recomenda-se em um próximo passo, além da aplicação do projeto de eficiência energética, incluir as seguintes abordagens:

- Aplicações mais amplas na utilização de energias renováveis: como por exemplo, a utilização de energia eólica (turbinas eólicas) para o bombeamento de água e utilização de painéis fotovoltaicos para a geração de energia elétrica;

- Verificações sobre a qualidade da energia elétrica, utilizando analisadores de energia¹⁴ e termógrafos¹⁵ que promovem uma visão mais ampla sobre o consumo e qualidade de energia, e equipamentos que possam estar funcionando incorretamente;
- Investigações na possível redução de impostos junto ao governo, uma vez que existem leis que defendem reduções mediante a comprovação da conservação de energia;
- Ações de comercialização de créditos de carbono no mercado nacional;
- Intenções de compra de energia elétrica junto ao mercado livre (pregões na bolsa energética) após estudos que comprovarem a viabilidade financeira;
- Aplicar o estudo em outras filiais da mesma matriz.

A Tabela 54 apresenta de forma mais ordenada as vantagens na implantação do projeto de eficiência energética que a empresa, sociedade e meio ambiente:

Tabela 54 Vantagens para empresa, sociedade e meio ambiente com a implantação do projeto de eficiência energética.

	Vantagens
Empresa	Reduções na conta de energia elétrica; Reduções no custo operacional; Produto final mais competitivo.
Sociedade	Produto mais econômico; Colaboração para a redução de risco de racionamento ou apagões de energia.
Meio ambiente	Redução na produção de energia elétrica; Redução de emissões de gases poluentes.

A Tabela 55 apresenta as previsões de reduções tarifárias mensais para este trabalho.

¹⁴ Equipamento que analisa formas de onda de tensão, corrente e potência elétrica de instalações. Este permite uma visão geral de fator de potência e qualidade da energia elétrica, equipamentos com irregularidades e ainda formas de ondas que podem ser nocivas à harmonia da frequência da energia elétrica [MARTINHO, 2012].

¹⁵ Instrumento que registra variações de temperatura através de fotografia. Este equipamento permite visualizar painéis, quadros e instalações elétricas que estão com correntes elétricas fora de conformidades, uma vez que a corrente elétrica irregular (elevada) provoca elevações na temperatura. O equipamento permite também a visualização de desequilíbrio de fases em motores elétricos, devido à alteração de temperatura, logo da corrente elétrica [MARTINHO, 2012].

Tabela 55 Previsões de reduções tarifárias mensais da indústria de lubrificantes.

Recomendação	Previsão média de economia (R\$)
Atualizar o contrato de demanda de energia elétrica.	De R\$ 15.596,60 para R\$ 13.846,00
De Alterar a modalidade de contrato tarifário de Convencional para Horo-sazonal Azul.	De R\$ 15.596,60 para R\$ 10102,57
Acatar todas as alterações, sugestões e investimentos para os equipamentos.	De R\$ 15.596,60 para R\$ 14881,57
Total previsto de desconto	R\$ 6.352,34 ou (40,72%)

Através da Tabela 55, portanto pode-se concluir que a execução desta dissertação prevê uma redução na tarifa de energia elétrica de R\$ 15.596,60 (média mensal dos últimos 12 meses) para um valor de R\$ 9.388,14, ou seja, uma redução monetária média mensal de aproximadamente R\$ 6.000,00, represento um valor percentual de 40,72%.

6. CONCLUSÃO

A aplicação de ações de conservação de energia no processo de produção industrial é uma técnica que atende vários interesses da sociedade, meio ambiente e o ser humano.

O presente trabalho avaliou as condições de aplicação de um projeto de eficiência energética em uma indústria de lubrificantes (derivados do petróleo), localizada no estado do Mato Grosso do Sul, com o objetivo de levantar as condições energéticas e propor um plano de utilização racional da energia elétrica, levando a redução tarifária.

Observaram-se pelos levantamentos realizados na indústria, várias oportunidades de economia de energia elétrica, como: a utilização de novas tecnologias, o uso racional e a alteração do contrato de fornecimento de energia elétrica.

Quanto aos objetivos específicos deste trabalho anteriormente descritos neste trabalho, afirma-se que estes foram alcançados. Fez-se o diagnóstico energético e tarifário da empresa, assim como as propostas de melhorias técnicas e financeiras através de aquisições e utilização de energias renováveis.

Finalmente conclui-se que este estudo apresenta viabilidade em sua aplicação devido à economia com a tarifa de energia elétrica.

Com ajustes de contrato tarifário com a concessionária, atualização de demanda, mudança da tarifa convencional para horo-sazonal azul e realização das modificações recomendadas é possível economizar mais de R\$ 6.000,00 mensais na tarifa de energia, que representa 40,72% de economia.

7. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR – 7094. **Máquinas Elétricas Girantes - Motores De Indução**. 61 p. Rio De Janeiro-RJ, 2004.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR – 5410. **Instalações Elétricas De Baixa Tensão**. 209 p. Rio De Janeiro-RJ, 2010.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR – 5419. **Proteção Contra Descargas Atmosféricas**. 32 p. Rio De Janeiro-RJ, 2015.

ANEEL – Agência Nacional De Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 414/2010. **Condições Gerais De Fornecimento De Energia Elétrica**.

AMADO, José Alberto Diaz. **Projeto E Controle De Um Sistema De Aquecimento No Laboratório De Avaliação De Medição Em Petróleo**. 2008. Dissertação de mestrado. UFRN. Natal – RN.

BARROS, Benjamim Ferreira *et al.* **Gerenciamento De Energia: Ações Administrativas E Técnicas De Uso Adequado Da Energia Elétrica**. 2013. São Paulo – SP. Ed. Érica.

BATKOWIAK, Robert A. **Circuitos Elétricos**. 1994. São Paulo – SP. Ed. Makron books.

CAMACHO, Mario Antônio da Gama. **Modelo Para Implantação E Acompanhamento De Programa Corporativo De Gestão De Energia**. 2009. Dissertação de mestrado. UFCG. Campina Grande – PB.

CAPELLI, Alexandre. **Energia Elétrica: Qualidade E Eficiência Para Aplicações Industriais**. 2013. São Paulo – SP. Ed. Érica.

CARVALHO, Geraldo. **Máquinas Elétricas: Teorias E Ensaios**. 4ª ed. São Paulo –

SP, 2011. Ed. Érica.

CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. 2009. 15º ed. Rio de Janeiro – RJ. Ed. LTC.

DAINTITH, John. **Factson File Dictionary Of Chemistry**. 4. Ed. New York: Checkmark Books, 2005.

PALZ, Wolfgang. **Energia Solar E Fontes Alternativas**. São Paulo – SP. Hemus Livraria Editora Limitada, 1981.

ENERSUL. **Orientações E Condições De Fornecimento Para Clientes Do Grupo A**. Cartilha do consumidor. 2013.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética) divulga BEN (Balanço Energético Nacional), 2007.

EXPÓSITO, Antônio Gomez et al. **Sistemas de Energia Elétrica: Análise e Operações**. 2011. Rio de Janeiro – RJ. Ed. LTC.

FILHO, João Mamede. **Instalações Elétricas Industriais**. 2012. 8ª ed. Rio de Janeiro-RJ. Ed. LTC.

GELLER, Howard Steven. **Revolução Energética: Políticas para um Futuro Sustentável**. 2002. Tese de Doutorado. USP. São Paulo – SP.

GODOI, José M. A. **Eficiência Energética: Um Modelo de Governança de Energia para a Indústria sob Requisitos de Sustentabilidade**. 2011. Dissertação de Mestrado. USP. São Paulo – SP.

GOLDENBERG, José & LUCON, Oswaldo. **Energia, Meio Ambiente E Desenvolvimento**. 2012. São Paulo – SP. Ed. EDUSP.

GUSSOW, Milton. **Eletricidade Básica**. 2009. 2ª ed. Ed. Bookman, Porto Alegre – RS.

HADDAD, j. **Conservação De Energia: Eficiência Energética De Equipamentos E Instalações**. 3ª ed. Eletrobrás/Procel Educação, 2006, UNIFEI – MG.

HAGE, Fabio. **A Estrutura Tarifária De Energia Elétrica: Teoria E Aplicação**. 2014. Rio de Janeiro – RJ. Ed. Synergia.

HAYT, Willian Jr. **Eletromagnetismo**. 1995. 8ª ed. Ed. LTC. São Paulo – SP.

LEITE, Fabio Corrêa. **Modelamento Da Eficiência Energética Para O Gerenciamento Sustentável No Setor Industrial Pela Medição E Verificação**. 2010. Dissertação de mestrado. USP. São Paulo – SP.

LUCON, Oswaldo & COELHO, Suani. Depois Da Rio + 10: As Lições Aprendidas Em Johannesburgo. 2002. Artigo Científico. **Revista do Departamento de Geografia**. 8 p. USP. São Paulo – SP.

LOPES, Alexandre, O. *et al.* Ar Condicionado Versus Climatizadores Por Evaporação. Artigo científico. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, 2006 Volume 2, Número 2. 9 p. Faculdade de Engenharia Mecânica/UNICAMP. Campinas – SP.

MAY, Simone, *et al.* Avaliação Do Consumo De Insumos Em Chuveiro Elétrico, Chuveiro Híbrido, Aquecedor A Gas, Aquecedor Solar E Aquecedor Acumulativo Elétrico. 2009. Artigo Científico. **Revista Ambiente E Água**. Departamento De Engenharia Hidráulica E Ambiental. USP. São Paulo – SP.

MARTINHO, Edson. **Distúrbios de Energia Elétrica**. 2012. 2ª ed. São Paulo – SP. Ed. Érica.

NASCIMENTO, G. **Comandos Elétricos**. 2011. São Paulo – SP. Ed. Érica.

PEREIRA, Mario Jorge. **Energia: Eficiência e Alternativas**. 2009. Rio de Janeiro – RJ. Ed. Ciência Moderna.

REIS, Lineu Bélico dos. **Matrizes Energéticas: Conceitos e Usos em Gestão e Planejamento**. 2011. Barueri – SP. Ed. Manole.

SANTOS, Afonso Henrique Moreira et al. **Eficiência Energética: Teoria e Prática**. 2007. Itajubá. Eletrobrás/UNIFEI – MG.

SANTOS, Sérgio Lopes dos. **Bombas e Instalações Hidráulicas**. 2013. São Paulo – SP. Ed. LTC

SILVA, Rafael Rodrigues. **Modelos para Análises de Sistemas Energéticos Industriais Aplicados a Estudos de Eficiência Energética**. Dissertação de mestrado, 2013. UNICAMP. Campinas – SP.

SITTERDING, Herbert. **Noções de Eletrotécnica Prática**. 1979. Rio de Janeiro – RJ. Ed. Ediouro

SOLA, Antônio V. H. & KOVALESKI, João L. **Eficiência Energética na Indústria: Cenários e Oportunidades**. 2006. Artigo Científico. CEFET – PR.

APÊNDICE A

Plano de manutenção preventiva da indústria de lubrificantes.

A Tabela 56 apresenta o plano de manutenção preventiva desenvolvido para indústria de lubrificantes [BARROS, 2013].

Tabela 56 Plano de manutenção preventiva da indústria de lubrificantes.

Equipamento	Atividade de manutenção preventiva	Periodicidade
Lâmpadas	• Limpeza • Verificação do funcionamento	Mensal
Luminárias	Limpeza	Mensal
Reatores	Verificação do funcionamento	Mensal
Condicionadores de ar	• Limpeza dos filtros • Limpeza dos evaporadores • Limpeza dos radiadores • Lubrificação dos rolamentos e outros elementos • Verificação do funcionamento do motor, compressor, da correia entre outros	Mensal
Motores elétricos	• Limpeza das aletas; • Lubrificação de todos os elementos acoplados; • Verificação do funcionamento;	Quinzenal
Bombas hidráulicas	• Limpeza das aletas do motor; • Lubrificação dos elementos de máquinas acoplados; • Verificação do funcionamento e de possíveis vazamentos	Quinzenal
Compressores de ar	• Limpeza do motor; • Lubrificação dos elementos de máquinas acoplados; • Verificação do funcionamento da máquina e da tubulação.	Semanal
Instalação elétrica	• Verificação de todo o sistema (condutores e quadros de distribuição)	Semanal

APÊNDICE B

Memorial de Cálculos

Motores

1ª) Talha (Equação 3)

Carga a ser levantada em kg	1000
Velocidade em m/s	0,5
Rendimento do motor	0,92
Valor calculado em kW	3,8
Valor calculado em cv	4,8

2ª) Embaladora (Equação 3)

Carga a ser levantada em kg	300
Velocidade em m/s	0,5
Rendimento do motor	0,90
Valor calculado em kW	1,63
Valor calculado em cv	1,59

3º) Esteira rolante (Equação 3)

Carga a ser levantada em kg	750
Velocidade em m/s	0,5
Rendimento do motor	0,95
Valor calculado em kW	0,8
Valor calculado em cv	1

4ª) bombeamento do fluido (Equação 5)

Quantidade de fluido em m³/s	0,01
Peso específico do fluido em kg/dm³	85
Altura de elevação em m	2
Rendimento	0,7
Valor calculado em cv	2,66

Bombas hidráulicas

Bomba A (Equação 5)

Quantidade de fluido em m³/s	0,05
Peso específico do fluido em kg/dm³	1
Altura de elevação em m	30
Rendimento	0,70
Valor calculado em kW	2,2
Valor calculado em cv	3

Bomba B (Equação 5)

Quantidade de fluido em m³/s	0,05
Peso específico do fluido em kg/dm³	1
Altura de elevação em m	4
Rendimento	0,70
Valor calculado em kW	0,7
Valor calculado em cv	1,1

Ar condicionado

Escritório A (Tabela 5)

Volume	11700
Número de pessoas	4
Telhado	32%
Janela	2x2x2x205
Face leste	16,5%
Aparelhos que geram calor	3000
Valor em BTU/h	22.000

Escritório B (Tabela 5)

Volume	5x4x34130
Número de pessoas	3 pessoas
Telhado	32%
janela	2 *1,5*2*
Face leste	16,5%
Aparelhos que geram calor	1000
Valor em BTU/h	16.000

Escritório C (Tabela 5)

Volume	5x6x4x130
Número de pessoas	4 pessoas
Telhado	32%
janela	2*2*2*205
Face leste	16,5%
Aparelhos que geram calor	2.000
Valor em BTU/h	28.000

Escritório D (Tabela 5)

Volume	24x3x3x130
Número de pessoas	10
Telhado	32%
janela	4x2x2x205
Face leste	16,5%
Aparelhos que geram calor	12.250
Valor em BTU/h	52.000

ANEXO



HONORIO BENITES JÚNIOR
ADVOGADO

Campo Grande (MS), 02 de outubro de 2.015.

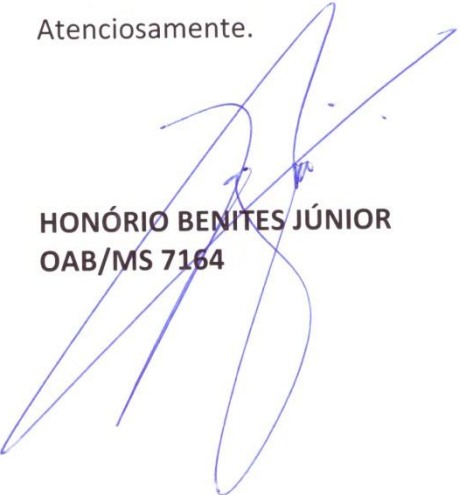
Sr. IGOR PETRI DE OLIVEIRA.

Em atenção à vossa consulta, repasso-lhe, em anexo, PARECER jurídico acerca da limitação de tempo para uso de chuveiro elétrico, para fins de economia de energia elétrica e água.

Colocando-me à sua disposição para quaisquer esclarecimentos, subscrevo-me

Atenciosamente.

HONÓRIO BENITES JÚNIOR
OAB/MS 7164





HONORIO BENITES JÚNIOR
ADVOGADO

PARECER

Em minuciosa análise dos dados que me foram por vós repassados, à luz da legislação vigente aplicável, verifico que as vossa conclusão técnica, recomendando a adoção das chamadas “contadoras” para programar o tempo de uso de chuveiros elétricos no máximo em 5 (cinco) minutos, afigura-se acertada.

A Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), que é a lei maior dos direitos e deveres trabalhistas, não contém nenhum dispositivo disciplinando o assunto.

Existem normas editadas pelo Ministério do Trabalho (NR-Norma Regulamentadora nº 24, e Portaria nº 320, e 23.5.2012, p.ex.) que contém previsão da obrigatoriedade de determinadas empresas disponibilizarem chuveiros elétricos aos seus trabalhadores.

Todavia, em nenhuma norma legal encontra-se qualquer previsão expressa que estipule ou proíba a empresa de fixar o tempo de uso do chuveiro elétrico.

Por outro lado, é prerrogativa da empresa de criar norma específica para esta finalidade (ou outras, desde que não cause prejuízo aos direitos dos trabalhadores), ou seja, de ela mesmo, por sua exclusiva iniciativa e poder de comando, instituir uma regra disciplinando o tempo de uso do chuveiro elétrico pelos seus empregados, aliás, o que é recomendável.



HONORIO BENITES JÚNIOR
ADVOGADO

Tal determinação, que deve ser dado amplo conhecimento a todos os empregados, por escrito, terá plena validade e eficácia, obrigando a todos ao seu cumprimento, inclusive com consequência, no caso de seu descumprimento, acarretar até desobediência do trabalhador, possibilitando até em aplicação de penalidades ao mesmo (art. 468, CLT).

Finalmente, tal medida (limitação em 5 min. para uso do chuveiro elétrico), diante da crise energética e de abastecimento de água que assola, não só o Brasil, mas o mundo inteiro, o que é de público e notório conhecimento, constitui-se até em um dever e uma providência louvável, que todos devem adotar.

A propósito, tem-se conhecimento que vários países (inclusive os Estados Unidos, que recomenda o tempo de 4 minutos) já adotam medidas semelhantes.

Trata-se de uma medida prática, de caráter pedagógico e de conscientização da classe trabalhadora, como de resto de toda população, com o objetivo de educação da questão ambiental, talvez o maior problema global da atualidade, no sentido de mitigar o desperdício de água e energia, tão comum e visível em nossa população.

Concluindo, não existe nenhum óbice legal para a adoção desta providência – equipar os chuveiros elétricos com dispositivo que limite o seu funcionamento em 5 (cinco) minutos de duração.

Atenciosamente

HONÓRIO BENITES JUNIOR
OAB/MS 7164