

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO**

**CELIO TOMAZ DE SOUZA FILHO
DIEGO VALIM BONIFÁCIO
FÁBIO NASCIMENTO NUNES**

**ESTUDO PARA REDUÇÃO NO CONSUMO DE ENERGIA
ELÉTRICA UTILIZANDO EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

**VOLTA REDONDA
2017**

FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO

**ESTUDO PARA REDUÇÃO NO CONSUMO DE ENERGIA
ELÉTRICA UTILIZANDO EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

Monografia apresentado ao
Curso de Engenharia Elétrica do
UniFOA como requisito à
obtenção do título de bacharel em
Engenharia Elétrica.

Alunos:

Celio Tomaz de Souza Filho

Diego Valim Bonifácio

Fábio Nascimento Nunes

Orientador:

Prof. M.Sc. Claudio Marcio de Freitas
da Silva

VOLTA REDONDA
2017

A Deus, aos familiares, amigos e demais pelo apoio e confiança e incentivo para elaboração e realização desse projeto.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus por ter nos guiado e dado saúde até aqui. Agradecemos aos nossos pais por toda educação que nos foi dada e se estamos aqui completando mais essa difícil etapa de nossas vidas, devemos muito a eles. A todos os professores pelo conhecimento fornecido com dedicação e seriedade, em especial ao professor orientador M.Sc. Claudio Marcio de Freitas da Silva e nosso coorientador prof. Aloano Regio por nos darem o direcionamento a seguir.

RESUMO

O objetivo do presente estudo de caso, visa a redução do consumo de energia elétrica em uma indústria. Para tal iremos observar os principais fatores que contribuem para o problema e propor soluções.

O elevado consumo tem sido um problema em diversos setores industriais pois as empresas precisam de energia para os processos produtivos e o gasto com energia onera todo o processo produtivo. Os estudos em eficiência energética têm o objetivo de fazer com que as empresas usem a energia da forma mais otimizada, possibilitando um produto de mesma qualidade com um menor preço, tornando a empresa mais competitiva no mercado.

Desta forma iremos descrever as melhores práticas para se economizar energia elétrica, visando sempre aperfeiçoar a linha de produção bem como, torna-la mais segura e mais confiável, gerando menos intervenções da equipe de manutenção, pois as tecnologias propostas proporcionam maior eficiência, maior vida útil e melhor economia.

Foram realizados os cálculos de investimento e retorno financeiro, para validar o estudo.

PALAVRAS CHAVE: Eficiência energética, redução do consumo de energia.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 TEMA.....	9
1.2 Justificativa.....	10
1.3 Objetivo	11
1.3.1 Objeto geral.....	11
1.3.2 Objetivo específico	11
1.4 Metodologia.....	12
2 ENERGIA ELÉTRICA.....	13
2.1 A Energia elétrica	13
2.2 Aumento demográfico brasileiro.....	13
2.3 Crescimento da demanda energética.....	14
2.4 Grandes consumidores de energia elétrica	15
3 FATOR DE POTÊNCIA.....	15
3.1 Conceitos de fator de potência.....	16
3.2 Cargas resistivas.....	17
3.3 Cargas indutivas.....	18
3.4 Cargas capacitivas	19
3.5 Potências nas cargas resistivas	20
3.6 Potências nas cargas reativas.....	20
3.7 Causas de um baixo fator de potência	22
3.8 Correções do fator de potência pelos capacitores	22
4 QUALIDADE ENERGÉTICA	23
4.1 Spikes.....	23
4.3 Sobretensão	25
5 TARIFAS DE ENERGIA ELÉTRICA.....	26
5.1 Resolução 414 da ANEEL.....	26

5.1.1 Potência	26
5.1.2 Energia elétrica ativa	26
5.1.3 Energia elétrica reativa	27
5.1.4 Consumo	27
5.1.5 Demanda.....	28
5.1.6 Demanda contratada.....	28
5.1.7 Consumidor	29
5.1.8 Unidade consumidora.....	29
5.1.9 Período de faturamento.....	29
5.1.10 Fator de carga	30
5.1.11 Fator de potência	30
5.1.12 Horário de ponta.....	30
5.1.13 Horário fora de ponta.....	31
5.1.14 Período seco	31
5.1.15 Período úmido	31
5.1.16 Consumidores do grupo A.....	32
5.1.17 Consumidores do grupo B.....	32
5.2 Estrutura tarifária.....	33
5.2.1 Tarifação para consumidores do grupo A.....	33
5.2.1.1 Tarifa convencional	34
5.2.1.2 Tarifa horo sazonal.....	35
5.2.1.2.1 Tarifa Horo sazonal azul.....	35
5.2.1.2.2 Tarifa horo sazonal Verde	36
5.2.2 Tarifação para consumidores do grupo B.....	37
5.2.3 Bandeiras tarifárias	37
5.3 Faturas de energia elétrica.....	38
5.3.1 Elevação do custo de energia ao longo dos anos	38

5.4 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	39
5.4.1 – Motores elétricos	40
5.4.1.1 Motores elétricos de corrente contínua.....	41
5.4.1.2 Motores elétricos corrente alternada	41
5.4.1.2.1 Motores síncronos	42
5.4.1.2.2 Motores assíncronos	42
5.4.2 Inversores de frequência	43
5.4.3 Resistências de aquecimento.....	43
5.4.4 Equipamentos de iluminação	44
5.4.4.1 Tipos de lâmpadas	46
5.4.4.2 Equipamentos auxiliares utilizados em iluminação	53
6 ESTUDO DE CASO	56
6.1 Soluções em eficiência energética em uma indústria.....	56
6.1.1 Substituição de motores de indução	56
6.1.1.1 Cenário atual da indústria.....	57
6.1.1.2 Proposta de substituição de motores	60
6.1.1.3 Viabilidade financeira	62
6.1.1.3.1 Economia obtida.....	62
6.1.1.3.1 Fluxo de caixa	63
6.1.2 Otimização dos equipamentos de iluminação	64
6.1.2.1 Cenário atual da indústria.....	65
6.1.2.1 Proposta para melhor eficiência em iluminação	66
6.1.2.1.1 Substituição dos refletores convencionais por LED	66
6.1.2.1.2 Substituição das luminárias fluorescentes por LED.	67
6.1.2.1.3 Controle automático dos circuitos de iluminação	68
6.1.2.2 Viabilidade financeira	69
6.1.2.2.1 Economia obtida.....	69

6.1.2.2 Fluxo de caixa	70
6.1.3 Considerações finais	72
7 Referências bibliográficas	75
ANEXO 1	78
ANEXO 2.....	85

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Projeção da população total residente (mil hab), 2016-2020	13
Figura 2 - Crescimento do consumo médio da energia	14
Figura 3 - Triângulo das Potências.....	16
Figura 4 - Forma de onda da tensão e corrente nas cargas resistivas.....	17
Figura 5 - Forma de onda da tensão e corrente na carga indutiva.....	18
Figura 6 - Forma de onda da tensão e corrente na carga capacitiva	19
Figura 7 - Potência, tensão e corrente em circuitos puramente resistivos.	20
Figura 8 - Potência, tensão e corrente em circuitos reativos.....	21
Figura 9 - Forma de onda sistema elétrico	23
Figura 10 - Spikes no sinal elétrico	24
Figura 11 - Subtensão no sinal elétrico	25
Figura 12 - Sobretensão no sinal elétrico	25
Figura 13 - Tarifas médias com impostos	39
Figura 14 - Motor elétrico	40
Figura 15 - Inversor de frequência	43
Figura 16 - Exemplo ilustrativo sobre conceitos de luminotecnica	45
Figura 17 – Lâmpada Incandescente	46
Figura 18 - Lâmpadas halogenas.....	47
Figura 19 - Lâmpada fluorescente tubular.....	48
Figura 20 - Lâmpada mista.....	48
Figura 21 - Lâmpada vapor de mercúrio	49
Figura 22 - Lâmpada vapor de sódio.....	50
Figura 23 - Lâmpada multivapores metálicos.....	51
Figura 24 - Lâmpadas led.....	52
Figura 25 - Fluxo de caixa para a proposta de substituição de motor	64
Figura 26 - Programador horário	68
Figura 27 - Fluxo de caixa para a proposta de substituição de iluminação	71
Figura 28 - Demonstrativo da redução do consumo em MWh por ano.	73
Figura 29 - Fluxo de caixa geral	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Enquadramento tarifário.....	36
Tabela 2 - Especificações dos motores.....	57
Tabela 3 - Demonstração das potências de entrada e saída dos motores	58
Tabela 4 - Potências totais; Saída, Entrada e Perdida.....	59
Tabela 5 - Escolha de motores com maior rendimento	60
Tabela 6 - Escolha de motores com maior rendimento	60
Tabela 7 - Comparativo entre os motores	61
Tabela 8 - Potências de entrada para os novos motores	61
Tabela 9 - Novos valores de potencias totais dos novos motores.....	61
Tabela 10 - Tarifas de consumo de energia para consumidor A2.	62
Tabela 11 - Valores em reais obtidos com a economia no consumo.	63
Tabela 12 - Valores comerciais dos novos motores e credito sucata.....	63
Tabela 13 - Valor total do estudo	64
Tabela 14 - Especificação dos equipamentos de iluminação	65
Tabela 15 - Soma das potências dos 175 aparelhos de iluminação	65
Tabela 16 - Especificações dos refletores LED.....	66
Tabela 17 - Comparativo entre a potência total consumida dos refletores.....	67
Tabela 18 - Comparativo entre a potência consumida pelas luminárias convencionais e LED.....	68
Tabela 19 - Variação do consumo e economia obtida	70
Tabela 20 - Variação das Tarifas pagas e economia Obtida.....	70
Tabela 21 - Valores médios dos equipamentos	71
Tabela 22 - Análise do consumo global e economia total obtida.....	72
Tabela 23 - Análise dos valores Pagos e economia Total obtida.....	73
Tabela 24 - Valor total dos equipamentos propostos nessa análise	74

1 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA

A geração, transmissão e distribuição também conhecido como sistema elétrico de potência tem mais de 100 anos e seus estudos tiveram início com Benjamin Franklin. Desde que começou a ser estudada a energia elétrica se aprimorou e chegamos até os dias atuais com sistemas elétricos de potência altamente sofisticados e dotados das mais diversas tecnologias.

No Brasil com o passar dos anos o consumo de energia elétrica está aumentando gradativamente e a geração já começa a dar sinais de insuficiência de atendimento a demanda.

Desta forma se faz necessário o uso consciente de energia elétrica. Nos últimos anos foram implantados muitos projetos em busca da eficiência energética nesses setores, com novas tecnologias a serem implementadas além da conscientização de todos os consumidores.

Este estudo pretende mostrar que com a crescente demanda de energia no Brasil, conforme concepções apresentadas, articulamos com o conceito de eficiência energética, a correção do fator de potência, cálculo de eficiência em equipamentos e luminotécnico, para analisarmos então a viabilidade econômica deste projeto.

1.2 Justificativa

Os custos produtivos de qualquer empresa seja ela pública ou privada são totalmente relevantes em termos de competitividade e rentabilidade, ou seja, quanto menor for o gasto que a empresa obtiver dentro da sua cadeia produtiva maior será o lucro dos seus produtos e conseqüentemente garantira sua sobrevivência no mercado que está cada vez mais disputado.

Um dos custos de produção que impactam no orçamento das empresas é o consumo de energia elétrica, pois não há produção sem o uso de máquinas e equipamentos, por mais simples que sejam.

O presente estudo de caso tem por finalidade, a redução do consumo de energia elétrica em uma indústria, visando melhorar significativamente o gasto com fornecimento de energia elétrica. O estudo de caso se baseia em realizar uma verificação profunda e bem detalhada no consumo de energia das instalações elétricas e processos da empresa, bem como cálculos de correção de fator de potência, cálculo luminotécnico e viabilidade econômica. Analisar os dados obtidos, propor melhorias e soluções aplicando novas tecnologias e metodologias de eficiência energética voltados para reduzir expressivamente o consumo de energia e conseqüentemente obter ganhos expressivos na redução de custo.

Desta forma espera-se economizar ao máximo o consumo de energia elétrica e também contribuir com a empresa a fim de torná-la mais rentável financeiramente, eficiente em termos de energia elétrica e competitiva no mercado.

1.3 Objetivo

1.3.1 Objeto geral

Aplicar os conceitos da Engenharia Elétrica afim de determinar soluções para o conceito de eficiência energética determinar aplicações de projetos de melhorias nas indústrias, pois verificamos que apesar de funcionarem dentro das regulamentações possuem sistemas que necessitam de melhorias para evitar a má utilização da energia, seja por equipamentos ultrapassados ou pela falta de conscientização de seus funcionários.

1.3.2 Objetivo específico

Com o intuito de aplicar os nossos conhecimentos teóricos e práticos adquiridos no decorrer do curso, tem-se como principal objetivo em nosso trabalho de conclusão de curso realizar cálculos pertinentes para determinação de parâmetros como fator de potência, cálculo luminotécnico e viabilidade econômica para verificar se a carga instalada existente no setor da empresa está utilizando energia além do esperado, e a partir disso buscar novas formas e recursos a serem aplicados visando otimizar a utilização da energia elétrica por meio de orientações, direcionamentos, ações, e controle dos recursos humanos, materiais e econômicos, buscando a redução de energia e obtendo um melhor resultado.

1.4 Metodologia

Com o intuito de finalizar este estudo de caso com sucesso, faz-se uso dos seguintes métodos:

- Levantamento bibliográfico sobre o tema e sua revisão bibliográfica em artigos, monografias, dissertações e livros;
- Levantamento de informações com colaboradores que trabalham em empresas nas quais precisam rever os conceitos na utilização da energia elétrica;
- Pesquisa sobre as necessidades de renovação de métodos e equipamentos utilizados no processo;
- Comparações com máquinas e equipamentos já existentes no setor;
- Cálculo de eficiência em equipamentos, fator de potência e cálculo luminotécnico.

2 ENERGIA ELÉTRICA

2.1 A Energia elétrica

Energia elétrica é a energia que resulta de uma diferença de potencial entre dois pontos, do ponto de vista físico podemos afirmar que energia elétrica é o movimento ordenado das cargas elétricas negativas (elétrons) por um condutor geralmente metálico.

2.2 Aumento demográfico brasileiro

Segundo o IBGE o crescimento da população está estimado em 0.7 % ao ano entre 2016 a 2020, ou seja, o Brasil em 2020 passara a ter aproximadamente cerca de 212 milhões de habitantes como podemos visualizar na figura 1 elaborada pelo EPE em 2016.

Ano	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste	Brasil
2016	17.822	57.085	86.653	29.542	15.768	206.871
2020	18.685	58.314	88.854	30.310	16.596	212.759
Variação (% ao ano)						
2016-2020	1,2	0,5	0,6	0,6	1,3	0,7
Estrutura de Participação (%)						
2016	8,6	27,6	41,9	14,3	7,6	100
2020	8,8	27,4	41,8	14,2	7,8	100

Figura 1 – Projeção da população total residente (mil hab), 2016-2020
Fonte: Elaboração EPE (2016)

2.3 Crescimento da demanda energética

Atualmente no Brasil a crescente demanda por eletricidade é evidente, quase todo bem-estar que a humanidade tem proveito são oriundos de uma fonte de energia e a eletricidade tem um papel importantíssimo no modo de vida atual da população brasileira e mundial, mas as formas de gerá-la vêm se tornando cada vez mais difíceis.

No Brasil segundo dados da EPE de 2016 o consumo de energia elétrica no sistema elétrico nacional foi de aproximadamente 466.532 GWh no ano de 2016 o que representa um aumento de 3,5% em relação ao ano anterior.

Segundo estimativas feitas pelo EPE o crescimento do consumo médio de energia elétrica será de cerca de 3,5% por ano no período de 2016 a 2020, como mostra figura 2.

Ano	Residencial	Industrial	Comercial	Outros	Total
2015	131.100	169.942	90.190	73.278	464.510
2016	133.768	165.814	92.144	74.806	466.532
2017	138.990	170.092	96.257	77.939	483.279
2018	144.877	175.762	100.914	81.398	502.951
2019	151.045	181.239	105.715	85.015	523.014
2020	158.278	192.119	111.621	89.111	551.129
Variação (% ao ano)					
2015-2020	3,8	2,5	4,4	4,0	3,5

Figura 2 - Crescimento do consumo médio da energia
Fonte: Elaboração EPE (2016)

2.4 Grandes consumidores de energia elétrica

Pode-se citar como grandes consumidores de energia elétrica, as indústrias siderúrgicas, petroquímicas, cimento, papel e celulose e automobilísticas, os quais são os produtores das matérias-primas usadas nas mais variadas atividades da economia em cenário nacional.

Esses grandes consumidores industriais representam quase 40% do consumo total de eletricidade da indústria brasileira, de acordo com o (EPE/2016).

Devido à importância desse segmento e por estar em constante expansão, o consumo do setor tende a aumentar ao longo do tempo, deste modo vale ressaltar que se faz importante um planejamento do ponto de vista energético a fim de atender a demanda brasileira.

3 FATOR DE POTÊNCIA

Os estudos sobre o fator de potência não são recentes, com o crescente desenvolvimento tecnológico, juntamente com o industrial, fez com que o sistema elétrico sofresse mudanças em suas características devido à instalação de equipamentos tais como: motores e reatores, que são equipamentos que geram energia chamada reativa.

O consumo deliberado dessa energia não preocupa apenas grandes indústrias, mas também pequenas empresas do ramo comercial e residencial. Desta forma mesmo quando não aplicáveis ajustes da tarifação, realizar a correção do fator de potência acarreta no consumo racional de energia elétrica, deste modo a economia de energia é feita pela utilização da máxima capacidade das instalações elétricas em função da redução da energia reativa utilizada.

Com a correção do fator de potência devemos considerar uma série de resultados positivos, como:

- A redução do efeito joule em transformadores;
- A redução do custo com energia elétrica utilizada na planta;
- Melhora dos níveis de tensão.

3.1 Conceitos de fator de potência

O fator de potência é a razão entre a potência ativa e a potência aparente, olhando no sentido de eficiência energética, podemos afirmar que um alto fator de potência indica uma alta eficiência já um baixo fator de potência indica baixa eficiência energética. Para calcularmos o fator de potência se faz necessário o uso das seguintes equações.

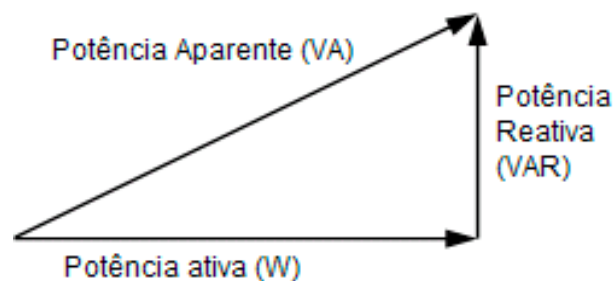


Figura 3 - Triângulo das Potências
Fonte: BARROS, 2010

$$FP = \frac{P}{S} \quad (1)$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Onde:

- FP = Fator de potência;
- S = Potência Aparente;
- P = Potência Ativa;

- Q = Potência Reativa.

3.2 Cargas resistivas

Todos os materiais apresentam resistência à circulação de corrente elétrica, sendo que os materiais condutores possuem resistência reduzida e os materiais isolantes apresentam elevada resistência.

A principal característica das cargas resistivas está associada ao fato de que as senóides da tensão e corrente passam pelos valores máximo, zero e mínimo simultaneamente, conforme mostra a Figura 4.

Nessa situação, diz-se que a tensão e corrente estão em fase, ou seja, não existe defasagem entre as senóides (BARROS, 2010; BORELLI, 2010; GEDRA, 2010).

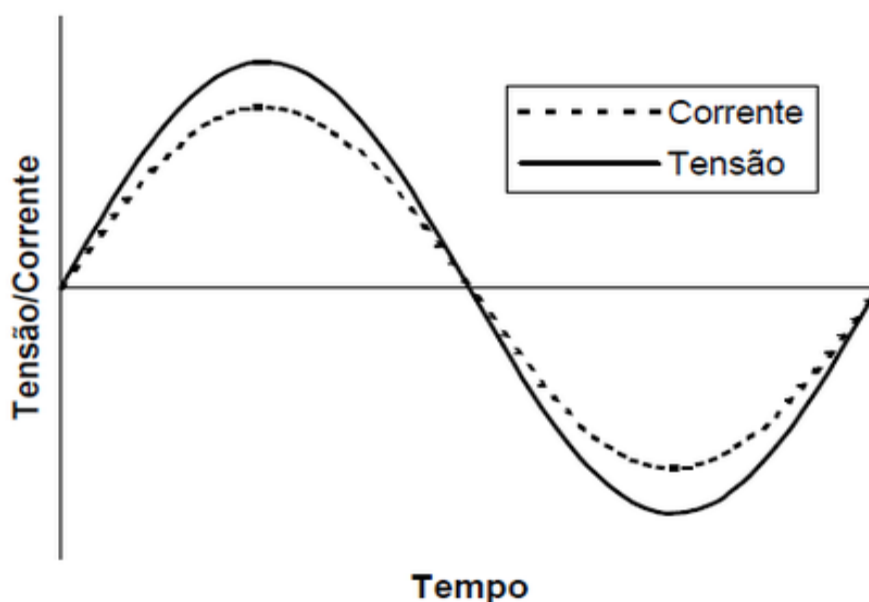


Figura 4 - Forma de onda da tensão e corrente nas cargas resistivas

Fonte: IFSC, 2016

3.3 Cargas indutivas

As bobinas ou indutores, ao serem energizados, produzem o efeito de retardar a circulação de corrente. Diante do fato dizemos que a senóide de corrente está atrasada em relação à de tensão.

A dificuldade da circulação de corrente é atribuída à reatância indutiva, designada por XL e representada por $2 \times \pi \times f \times L$, dado em ohms (Ω), onde:

f representa a frequência da rede (normalmente 60Hz);

L representa a indutância da bobina, dada em Henry (H).

A figura 5 ilustra a situação descrita (BARROS, 2010; BORELLI, 2010; GEDRA, 2010).

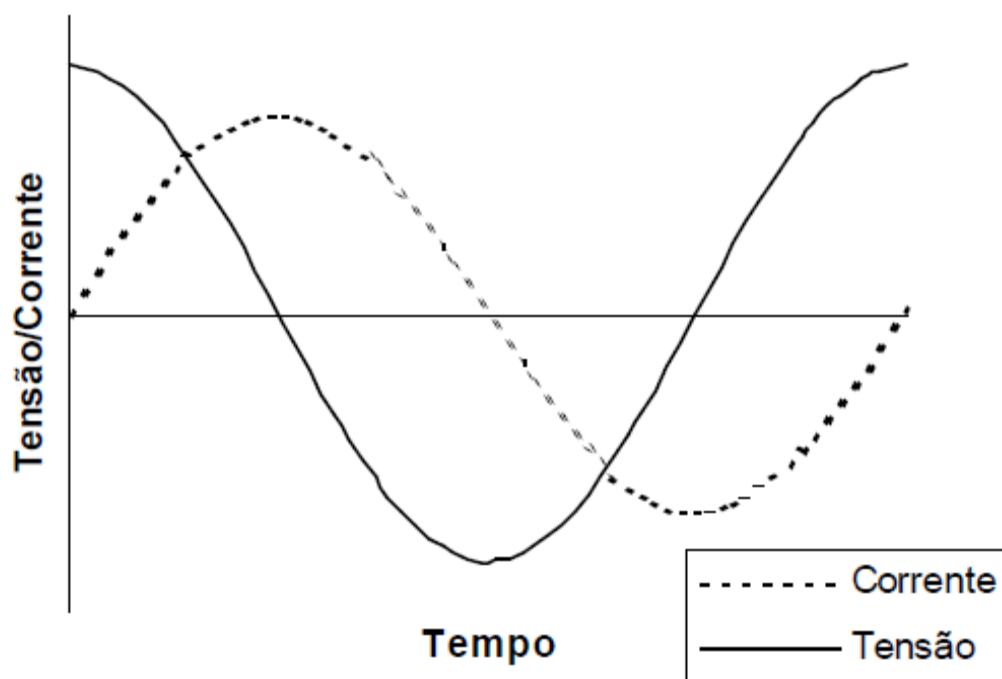


Figura 5 - Forma de onda da tensão e corrente na carga indutiva
Fonte: IFSC, 2016

3.4 Cargas capacitivas

Os capacitores são elementos que acumulam energia ao longo do tempo e também oferecem resistência à circulação de corrente, designada por X_C e representada pela equação 1, dado em ohms(Ω)

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \quad (1)$$

onde:

f representa a frequência da rede (normalmente 60Hz);

C representa a capacitância, dada em farad (F).

A figura 6 ilustra a situação descrita (BARROS, 2010; BORELLI, 2010; GEDRA, 2010).

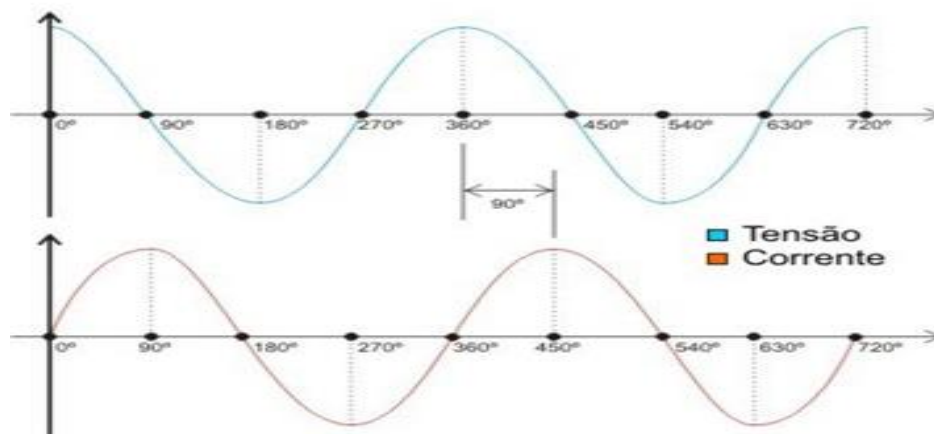


Figura 6 - Forma de onda da tensão e corrente na carga capacitiva

Fonte: CESCAGE, 2011

3.5 Potências nas cargas resistivas

Nas cargas puramente resistivas toda a potência absorvida da rede é transformada em trabalho, a exemplo do aquecimento da água no chuveiro.

A Figura 7 ilustra o comportamento descrito, no qual é possível constatar que o produto tensão \times corrente é positivo, o que na prática representa a realização de trabalho.

A potência que realiza trabalho é denominada potência ativa cujo valor é expresso em watt (W) ou seus respectivos múltiplos (kW, MW etc) (BARROS, 2010; BORELLI, 2010; GEDRA, 2010).

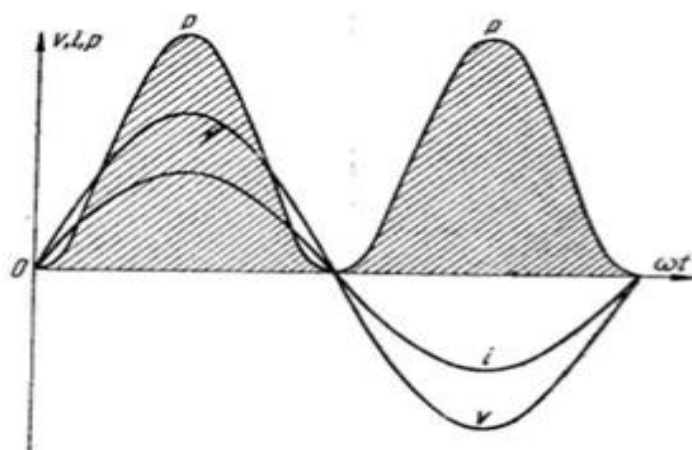


Figura 7 - Potência, tensão e corrente em circuitos puramente resistivos.

Fonte: FAAP, 2008

3.6 Potências nas cargas reativas

As cargas que são constituídas por enrolamentos elétricos, a exemplo de motores, transformadores, reatores, etc. Necessitam de corrente de magnetização para que possam operar normalmente.

A potência que não realiza trabalho é denominada potência reativa cujo valor é expresso em volt ampere reativo (VAr) ou seus respectivos múltiplos (kVAr, MVar etc).

Dessa forma, enquanto a potência ativa é sempre consumida na execução de um trabalho, a potência reativa, além de não produzir trabalho, circula entre a carga e a fonte, ocupando o lugar no sistema elétrico que poderia ser utilizado para circular mais energia ativa.

Nesta situação, a potência total requerida do sistema é constituída pela potência aparente, representada por (S), a qual é obtida pela soma vetorial da potência ativa representada por (P), com a potência reativa, representada por (Q). A unidade da potência aparente é o volt ampere (VA) ou seus respectivos múltiplos (KVA, MVA etc).

Por tanto, como visto anteriormente, nas cargas em que ocorre a defasagem entre tensão e corrente, como é possível verificar na Figura 8, a potência absorvida da rede, representada por $V \times I$ possui uma parcela negativa. Ou seja, não realiza trabalho (BARROS, 2010; BORELLI, 2010; GEDRA, 2010).

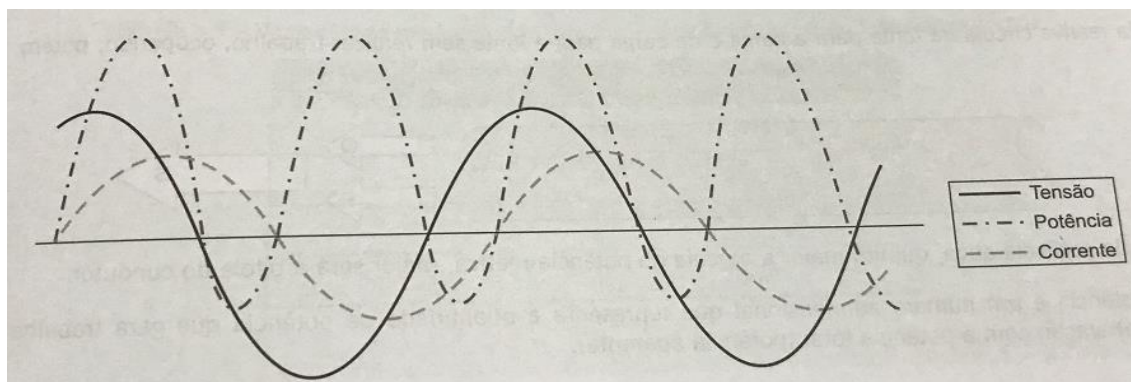


Figura 8 - Potência, tensão e corrente em circuitos reativos

Fonte: Barros, 2010

3.7 Causas de um baixo fator de potência

Existem vários fatores que podem acarretar em um baixo fator de potência, e para solucionar esse problema se faz necessário o conhecimento e a análise deles. Entre as principais causas vamos citar:

- Motores de indução trabalhando a vazio, com cargas mínimas ou superdimensionadas;
- Transformadores operando a vazio ou em cargas mínimas;
- Grande quantidade de lâmpadas de descarga;
- Grande quantidade de motores ligados em um longo período de tempo;
- Cargas especiais com elevado consumo reativos.

3.8 Correções do fator de potência pelos capacitores

Os capacitores são conhecidos por acumularem eletricidade, e em análises de circuitos são considerados como geradores de potência reativa, deste modo a instalação de capacitores nas instalações permite fornecer energia reativa, que é consumida por cargas indutivas, aliviando os condutores que podem então transportar quantidades maiores de energia ativa.

Este método é normalmente empregado na adequação ou correção do fator de potência, sua instalação é feita o mais próximo possível das cargas, este método de associação de capacitores é chamado de banco de capacitores.

4 QUALIDADE ENERGÉTICA

No sistema elétrico trifásico as formas de onda deveriam se comportar como senóides perfeitas defasadas 120° elétricos uma das outras conforme a figura 9:

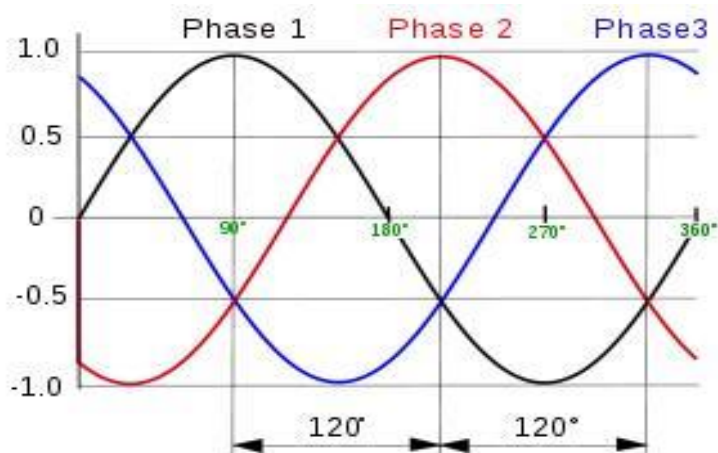


Figura 9 - Forma de onda sistema elétrico

Fonte: Elétrica total

Na realidade acontecem distúrbios nas formas de onda, os quais implicam diretamente na qualidade de energia elétrica, ou seja, modelam a senóide deformando-a. Dentre os fatores que geram esses distúrbios podemos citar os circuitos eletrônicos chaveados, iluminação fluorescente, os inversores de frequência dentre outros.

Podemos citar como distúrbios mais comuns na rede elétrica, os spikes, subtensão, swell e sobretensão.

4.1 Spikes

Spike é a elevação abrupta da tensão que pode chegar a várias vezes o valor de pico da rede e logo após uma queda rápida. O Spike é muito rápido na

ordem de aproximadamente 16 milissegundos, sua forma de onda pode ser vista na figura 10:

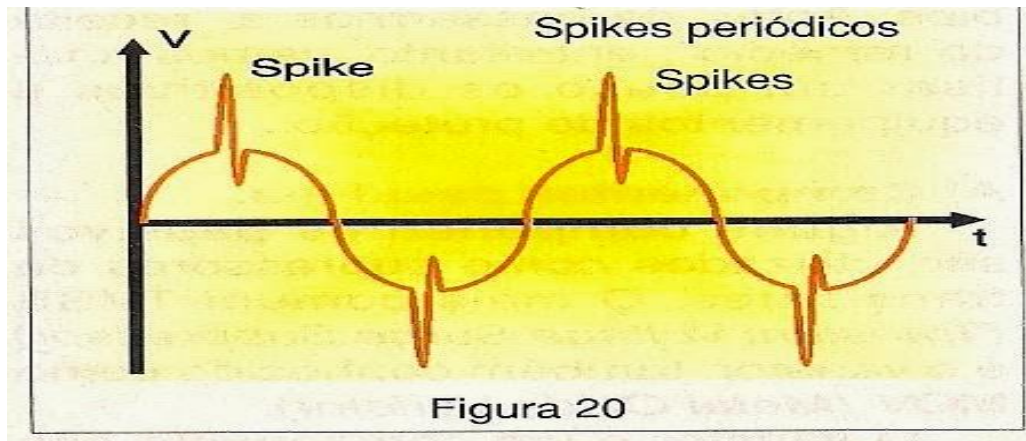


Figura 10 - Spikes no sinal elétrico

Fonte: Portal da eletrônica

O principal causador do Spike são as comutações de cargas indutivas tais como motores, bobinas, contadores e etc.

O spike traz as seguintes consequências para a rede elétrica: queima de semicondutores, travamento da CPU, corrupção de dados, operações indevidas, dentre outras.

4.2 Subtensão

Subtensão é o valor da tensão fica abaixo do valor nominal num determinado intervalo de tempo conforme a figura 11 onde é possível visualizar o instante em que a tensão tem níveis menores do que a tensão nominal, como causa da subtensão podemos citar como partida de grandes motores e em horários em que a utilização da energia elétrica torna-se bastante elevado.

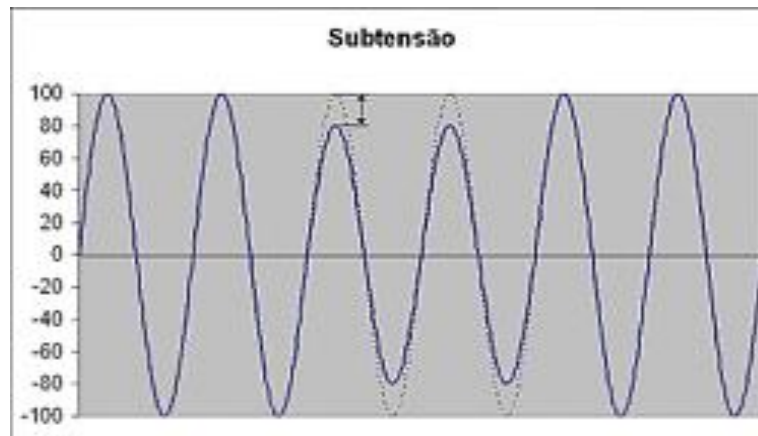


Figura 11 - Subtensão no sinal elétrico
Fonte: Autores

4.3 Sobretensão

Sobretensão é a elevação da tensão acima do valor nominal durante um determinado intervalo de tempo, na figura 12 é possível visualizar o instante em que a tensão tem níveis maiores do que a tensão nominal.

A sobretensão pode causar o sobreaquecimento de motores elétricos, queima de placas eletrônicas, acionamentos indevidos do sistema.

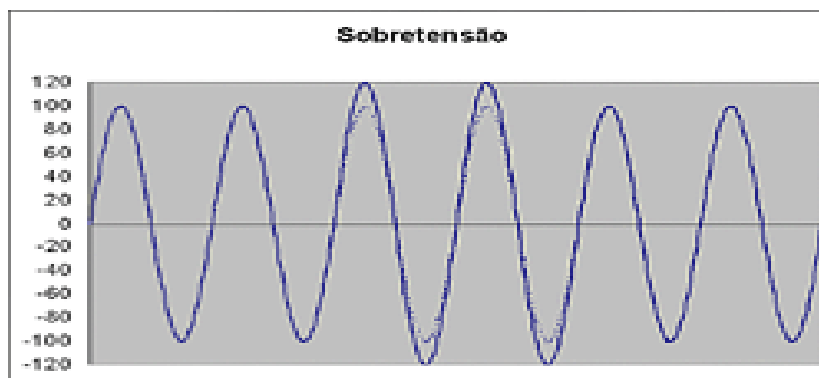


Figura 12 - Sobretensão no sinal elétrico
Fonte: Autores

5 TARIFAS DE ENERGIA ELÉTRICA

A energia elétrica é essencial no dia a dia da sociedade, e para utilização dessa fonte de energia é necessário que se apliquem tarifas. Trataremos alguns conceitos básicos voltados para tarifação do consumo de energia elétrica.

5.1 Resolução 414 da ANEEL

A Resolução número 414/2010 da Aneel estabelece as condições em que a energia elétrica deve ser fornecida para os diferentes tipos de consumidores, além de apresentar os termos e definições existentes nas faturas de energia elétrica (BARROS, 2010; BORELLI, 2010; GEDRA, 2010).

5.1.1 Potência

Potência é a quantidade de energia que uma unidade solicita em um intervalo de tempo, representada em kW (PANESI, 2006).

5.1.2 Energia elétrica ativa

Energia elétrica ativa é a potência ativa que está sendo consumida em um determinado espaço de tempo e sua unidade é representada por KWh. É energia que efetivamente fornece trabalho por unidade de tempo.

5.1.3 Energia elétrica reativa

Energia elétrica reativa é a quantidade de potência reativa por unidade de tempo. Ao contrário da energia ativa a energia reativa não realiza nenhum trabalho, pois serve somente para manter os campos magnéticos das cargas indutivas e acabam por circular na rede. Sua unidade é representada por KVArh.

5.1.4 Consumo

É definido como a quantidade de energia elétrica consumida em um intervalo de tempo. O consumo pode ser encontrado multiplicando a potência de um equipamento pelas suas horas de utilização, representado em kWh (ANEEL, 2010).

A equação (2) apresenta o cálculo do consumo de energia elétrica.

$$Consumo = \frac{P \times HU \pi}{1000} \quad (2)$$

Onde:

- C - Consumo de energia elétrica, em kWh;
- P – Potência do equipamento, em W;
- HU – Número de horas de utilização do equipamento;

5.1.5 Demanda

É caracterizada como a média da potência solicitada a concessionária para sustentar a parcela de carga instalada em operação, durante um intervalo de tempo. No Brasil, a média é efetuada em intervalos de 15 minutos, portanto a cada hora são registrados quatro valores de demanda, representada em kW (COPEL, 2005; BARROS, 2010; BORELLI, 2010; GEDRA, 2010).

Para calcular demanda de uma determinada planta se faz necessário a utilização da seguinte equação 3.

$$D = \frac{1}{Dt} + \int_t^{t+\Delta t} P(t).dt \quad (kW) \quad (3)$$

Onde:

- D – Demanda;
- Dt - Demanda em um determinado intervalo de tempo;
- P(t) - Potência em um determinado espaço de tempo;
- Δt – Intervalo de tempo, que geralmente é de $\frac{1}{4}$ de hora.

5.1.6 Demanda contratada

A demanda contratada é de extrema responsabilidade da distribuidora, sendo que esta é obrigada a fornecer a demanda de potência ativa estabelecida no contrato. Esta demanda deverá ser paga pelo consumidor sendo utilizada ou não (HADDAD, 2004).

5.1.7 Consumidor

O consumidor é caracterizado como pessoa física ou jurídica que possui o direito de solicitar a concessionária o fornecimento de energia elétrica e tem o dever de assumir a responsabilidade pelo pagamento do serviço prestado (HADDAD, 2004).

5.1.8 Unidade consumidora

A unidade consumidora é considerada como um conjunto de instalações e equipamentos elétricos. O recebimento de energia elétrica é feito em apenas um ponto e a partir deste ponto a energia elétrica é distribuída para todos os pontos da unidade (HADDAD, 2004).

5.1.9 Período de faturamento

O período de faturamento consiste no intervalo de tempo em que são efetuadas as medições que serão utilizadas para o faturamento de energia elétrica, geralmente é utilizado o intervalo de 30 dias, podendo variar de um limite inferior de 27 dias e superior de 33 dias (BARROS, 2010; BORELLI, 2010; GEDRA, 2010).

5.1.10 Fator de carga

Através do fator de carga é demonstrado se a energia elétrica está sendo consumida de forma econômica, e informa se a instalação elétrica utiliza a potência disponível na medição. Ele expressa a razão entre a energia ativa consumida e a máxima energia que poderia ser consumida em um determinado intervalo de tempo (BARROS, 2010; BORELLI, 2010; GEDRA, 2010).

Os resultados dos cálculos do fator de carga podem ser expressos por números simples e sem dimensão que variam de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1 for esse resultado melhor será há eficiência energética. Com a melhoria no fator de carga tornando-o mais próximo de 1, consegue-se obter uma redução no valor da demanda contratada e com isso redução no consumo de energia elétrica (BARROS, 2010; BORELLI, 2010; GEDRA, 2010).

5.1.11 Fator de potência

O fator de potência é a relação existente entre a energia ativa e energia reativa e indica o quanto de energia aparente, energia total fornecida pela concessionária, é transformada em energia útil, ou seja, que realiza trabalho (PANESI, 2006).

5.1.12 Horário de ponta

É denominado horário de ponta o período de três horas consecutivas que podem ser das 17 às 22 horas, dependendo da região. A concessionária de

distribuição aumenta o preço da tarifa neste horário, devido ao pico de consumo que ocorre no período noturno (CAPELLI, 2013).

5.1.13 Horário fora de ponta

São às 21 horas diárias que completamos horário de ponta. Nos sábados, domingos e feriados nacionais às 24 horas do dia são consideradas horário fora ponta (BARROS, 2010; BORELLI, 2010; GEDRA, 2010; CAPELLI, 2013).

5.1.14 Período seco

Corresponde ao período de sete meses, iniciando em maio e finalizando em novembro, que possui um menor índice de chuva, atingindo diretamente a capacidade dos reservatórios (HADDAD, 2004).

5.1.15 Período úmido

Corresponde ao período de cinco meses, dezembro a abril, que possui um maior índice de chuva, aumentando a capacidade dos reservatórios (HADDAD, 2004).

5.1.16 Consumidores do grupo A

Os consumidores que se enquadram no grupo A são os que utilizam tensão superior a 2,3 KV (BARROS, 2010; BORELLI, 2010; GEDRA, 2010).

O grupo A é subdividido nos seguintes subgrupos (COPEL, 2005):

- Subgrupo A1 – Tensão de fornecimento igual ou superior a 230.000 V;
- Subgrupo A2 – Tensão de fornecimento de 88.000V a 138.000V;
- Subgrupo A3 – Tensão de fornecimento de 69.000V;
- Subgrupo A3a – Tensão de fornecimento de 30.000V a 44.000V;
- Subgrupo A4 – Tensão de fornecimento de 2.300V a 25.000V;
- Subgrupo AS – Tensão de fornecimento inferior a 2.300V, atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição e faturadas opcionalmente no grupo A.

5.1.17 Consumidores do grupo B

Fazem parte dos consumidores do grupo B as unidades que utilizam tensão de fornecimento inferior a 2.300V (COPEL, 2005).

O grupo B é subdividido nos seguintes subgrupos (COPEL, 2005):

- Subgrupo B1 – Residencial;
- Subgrupo B2 – Rural;
- Subgrupo B3 – Demais Classes;
- Subgrupo B4 – Iluminação Pública.

5.2 Estrutura tarifária

A estrutura tarifária são as tarifas cobradas pela energia elétrica e demanda utilizada por uma unidade consumidora, sendo que as tarifas e regras de cobrança são diferenciadas de acordo com o grupo em que a unidade estiver classificada (BARROS, 2010; BORELLI, 2010; GEDRA, 2010).

5.2.1 Tarifação para consumidores do grupo A

O sistema de tarifação desse tipo de consumidor é aplicado não somente sobre o consumo de energia elétrica, mas também sobre a demanda contratada pela unidade consumidora. Esse tipo de tarifa também é conhecida como tarifa binômia (BARROS, 2010; BORELLI, 2010; GEDRA, 2010).

O consumidor que se enquadra no grupo A deve contratar um valor de demanda que seja capaz de atender sua carga em operação, sendo assim, o valor acordado entre o consumidor e a distribuidora será a referência para cobrança (BARROS, 2010; BORELLI, 2010; GEDRA, 2010).

É de extrema importância que haja um controle nos valores de demanda para que a mesma não seja ultrapassada. Segundo a Resolução 414/2010 da Aneel, caso a demanda registrada no período de faturamento seja inferior à demanda contratada, a fatura será efetuada multiplicando a demanda contratada pela tarifa, porém caso a demanda registrada seja superior à demanda contratada, será faturado o máximo valor de demanda registrada multiplicada pela tarifa correspondente, desde que não ultrapasse o limite de 5% para tensão de fornecimento igual ou superior a 69kV e 10% para tensão de fornecimento abaixo de 69kV (BARROS, 2010; BORELLI, 2010; GEDRA, 2010).

A equação (3) apresenta a forma em que a demanda será faturada para os casos em que o valor registrado for superior ao limite de 5%.

$$F = (DM \times T) + ((DM - DC) \times 2 \times T) \quad (4)$$

Onde:

- F - Valor faturado da demanda de ultrapassagem, em reais;
- DM - Demanda máxima registrada durante o período de faturamento, em kW;
- DC - Demanda contratada, em kW;
- T - Valor da tarifa aplicada correspondente à modalidade tarifária em que o consumidor estiver inserido.

Além da demanda, o consumidor que se enquadra no grupo A possui o fator de potência da sua instalação medido de forma permanente para que o mesmo possa ser comparado com o fator de potência de referência (0,92). Caso a instalação apresente um fator de potência inferior a 0,92 será efetuada uma cobrança proporcional à ultrapassagem (BARROS, 2010; BORELLI, 2010; GEDRA, 2010).

Esses consumidores podem ser classificados em três alternativas tarifárias, que pode ser a tarifa convencional, horo sazonal azul ou horo sazonal verde (PANESI, 2006).

5.2.1.1 Tarifa convencional

A tarifação convencional se consiste em apenas um único valor para a demanda contratada e outro valor para o consumo de energia elétrica, independente da hora do dia (BARROS, 2010; BORELLI, 2010; GEDRA, 2010).

Os consumidores do grupo A podem optar por esse tipo de tarifação, desde que, sejam atendidos por uma tensão de fornecimento inferior a 69kV e

possuam uma demanda contratada superior a 300kW (BARROS, 2010; BORELLI, 2010; GEDRA, 2010).

5.2.1.2 Tarifa horo sazonal

A tarifa horo sazonal é destinada a grandes consumidores e se consiste na aplicação de tarifas diferenciadas de consumo e demanda de acordo com as diferentes horas do dia, hora ponta e fora ponta, e tem por finalidade a redução dos gastos com eletricidade, já que permite que o consumidor gerencie suas despesas utilizando uma quantidade maior de energia elétrica nos períodos em que a mesma for mais barata (BARROS, 2010; BORELLI, 2010; GEDRA, 2010; CAPELLI, 2013).

Dentro da tarifa horo sazonal, existem ainda duas opções de tarifação chamadas de tarifa azul e tarifa verde (BARROS, 2010; BORELLI, 2010; GEDRA, 2010).

5.2.1.2.1 Tarifa Horo sazonal azul

Essa modalidade tarifária tem aplicação obrigatória para unidades consumidoras atendidas por uma tensão de fornecimento superior a 69kV, grupos A1, A2 e A3, sendo opcional para as demais unidades consumidoras enquadradas no grupo A (CAPELLI, 2013).

A tarifa horo sazonal azul exige um contrato específico entre o consumidor e a concessionária no qual se pactua os valores de demanda pretendidos para o horário de ponta e fora ponta (CAPELLI, 2013).

Para o consumo de energia elétrica as tarifas são aplicadas de formas diferentes para os diferentes horários do dia, sendo que, as tarifas do horário de

ponta são as mais elevadas (PANESI, 2006; BARROS, 2010; BORELLI, 2010; GEDRA, 2010; CAPELLI, 2013).

5.2.1.2.2 Tarifa horo sazonal Verde

A tarifa horo sazonal verde é opcional para os subgrupos A3a, A4 e AS, ou seja, aqueles que são atendidos com uma tensão inferior a 69kV (CAPELLI, 2013).

Essa modalidade tarifária exige um contrato específico entre o consumidor e a concessionária no qual se pactua o valor de demanda pretendido. Na tarifação verde, a demanda contratada é única (PANESI, 2006; CAPELLI, 2013).

O consumo de energia elétrica é faturado da mesma maneira em que é faturado na tarifa horo sazonal azul, com aplicações de tarifas diferentes para os horários de ponta e fora ponta (PANESI, 2006; CAPELLI, 2013).

A tabela 1 resume as diferenças existentes no faturamento do consumo e demanda dos três tipos de tarifas do grupo A.

Tabela 1 - Enquadramento tarifário

	Convencional	Verde	Azul
Demanda	Única	Única	Ponta
			Fora de ponta
Consumo	Única	Ponta	Ponta
		Fora de ponta	Fora de ponta

Fonte: BARROS, 2010

Através do gerenciamento apropriado, o consumidor do grupo A é capaz de avaliar se a modalidade tarifária em que estiver inserido lhe permite realizar ações que proporcionam uma redução nos gastos com eletricidade (BARROS, 2010; BORELLI, 2010; GEDRA, 2010).

5.2.2 Tarifação para consumidores do grupo B

O sistema de tarifação para esse tipo de consumidor é única e cobrada apenas para o consumo de energia elétrica, já que o valor da demanda está inserido ao custo do fornecimento de energia (COPEL, 2005; BARROS, 2010; BORELLI, 2010; GEDRA, 2010).

5.2.3 Bandeiras tarifárias

Bandeiras tarifárias é o sistema que sinaliza o valor de energia elétrica que será cobrado em função das condições existentes para a geração, ou seja, o sistema demonstra ao consumidor o real custo da geração de eletricidade no momento em que a mesma estiver sendo consumida, desta maneira a conta se torna transparente e permite que a energia elétrica seja utilizada de forma consciente. A bandeira é aplicada a todos os tipos de consumidores, independente do grupo em que estiver classificado e o valor a ser faturado pela energia elétrica utilizada é realizado multiplicando-se o consumo pelo valor da bandeira que estiver em regência (ANEEL, 2016).

O sistema possui três bandeiras: verde, amarela e vermelha e mudam de acordo com a disponibilidade dos recursos utilizados na geração de energia elétrica (ANEEL, 2016).

A bandeira verde indica que as condições hidrológicas para a geração estão favoráveis, sendo assim, a tarifa não sofre alteração (ANEEL, 2016).

A bandeira amarela apresenta condições menos favoráveis para a geração, sendo assim, a tarifa sofre um acréscimo de R\$ 0,015 para cada kWh consumido (ANEEL, 2016).

A bandeira vermelha é dividida em dois patamares, a diferença entre elas está em quais das fontes estão sendo utilizadas para abastecer o setor elétrico

nacional, pois a geração de energia elétrica por determinadas fontes possui um custo mais elevado do que por outras. O patamar 1 apresenta condições desfavoráveis para a geração, sendo necessário utilizar fontes com custo elevado, nesse caso, a tarifa sofre um acréscimo de R\$ 0,030 para cada kWh consumido. O patamar 2 também apresenta condições desfavoráveis, sendo necessário recorrer a fontes com custos ainda mais elevados, nesse caso, a tarifa sofre um acréscimo de R\$ 0,045 para cada kWh consumido (ANEEL, 2016).

Cabe ressaltar que o sistema de bandeiras tarifárias foi criado para substituir a tarifa do período seco e úmido, até então existente na tarifação horo sazonal e no qual sinalizava as diferenças de custos de geração, dependendo do período do ano. A mudança se deu pelo fato de que as bandeiras fornecem ao consumidor um preço real em relação aos custos atuais de geração de energia elétrica, podendo variar sempre que necessário (ANEEL, 2016).

5.3 Faturas de energia elétrica

A fatura de energia elétrica é um documento que apresenta ao consumidor a energia e demanda consumida durante um período de faturamento (BARROS, 2010; BORELLI, 2010; GEDRA, 2010).

O registro do consumo é feito através de medidores instalados nas próprias unidades, sendo o valor registrado utilizado para a cobrança. Os medidores podem ser eletrônicos ou eletromecânicos (BARROS, 2010; BORELLI, 2010; GEDRA, 2010).

5.3.1 Elevação do custo de energia ao longo dos anos

Segundo os dados extraídos da ANEEL, a figura 13 mostra a evolução das tarifas médias com impostos para as classes comercial e industrial entre os

anos de 2003 a 2016, pode-se observar que as tarifas não seguem uma trajetória bem definida, isso se dá pelas condições climáticas que interferem diretamente na geração ocasionando um aumento de aproximadamente 60% no intervalo de tempo referido.

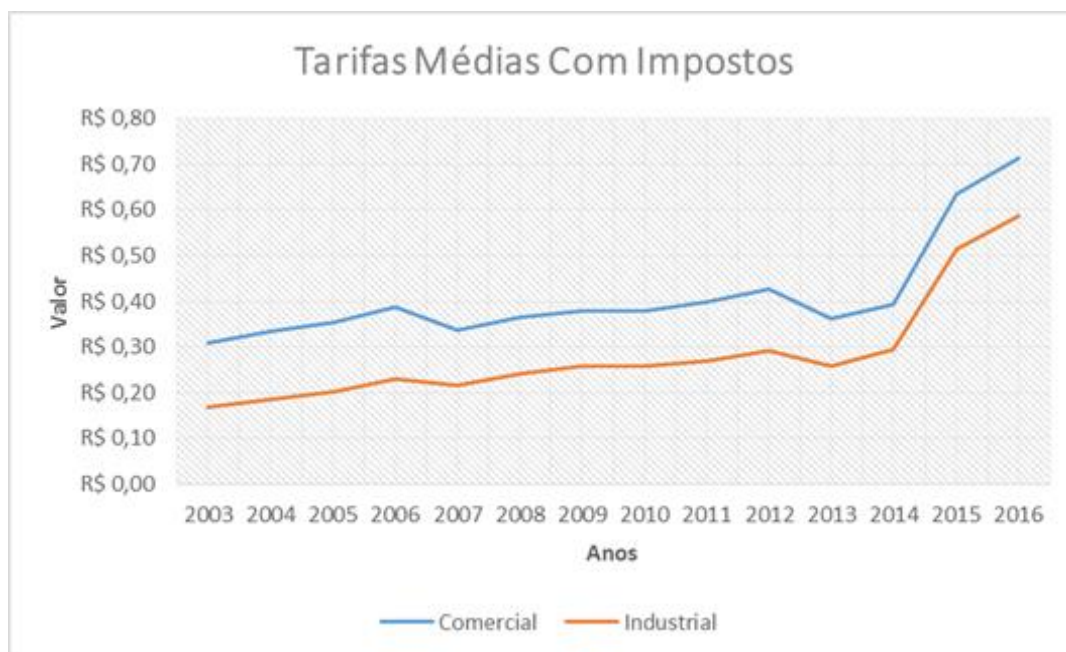


Figura 13 - Tarifas médias com impostos
Fonte: Microgeração fotovoltaica, 2017

5.4 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Eficiência energética é uma metodologia de trabalho com o objetivo de otimizar a utilização da energia elétrica por meio de ações de controle do uso da energia afim de obter o resultado esperado utilizando somente a energia necessária evitando desperdícios e perdas desnecessárias.

A eficiência energética objetiva-se de economizar a energia elétrica disponibilizando-a a outros setores e conseqüentemente reduzindo custos.

Em uma indústria a premissa básica é o baixo custo, mas a energia elétrica é de suma importância para manter os processos produtivos, mas é preciso obter maneiras de ser o mais eficiente possível na sua utilização.

Adiante será discutido sobre os componentes e equipamentos elétricos básicos de uma unidade industrial.

5.4.1 – Motores elétricos

É o equipamento elétrico cuja finalidade é transformar energia elétrica em mecânica, praticamente é utilizado em larga escala no âmbito industrial.

Nas indústrias, os motores produzem a força motriz para mover praticamente todas as máquinas (STEPHEN J. CHAPMAN, 2013).

O princípio básico de funcionamento dos motores são as interações entre campos eletromagnéticos.

Os motores podem ser divididos de acordo com sua tensão de alimentação em motores de corrente contínua (C.C) e corrente alternada (C.A), a figura 14 mostra a imagem do motor elétrico em corte.

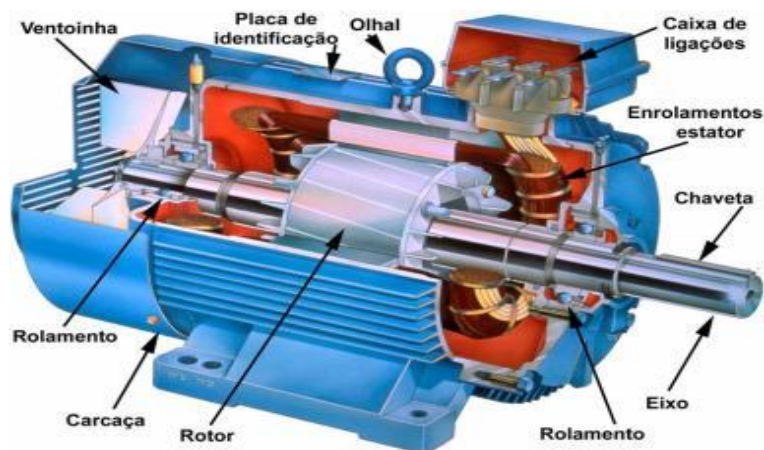


Figura 14 - Motor elétrico
Fonte: Paraná equipamentos industriais

5.4.1.1 Motores elétricos de corrente continua

Foram os primeiros motores a serem utilizados, utilizam corrente continua (CC) para o seu funcionamento. São motores cujo controle de velocidade é preciso, mas seu custo elevado de manutenção, construção e também com o advento das novas tecnologias de acionamento tornaram-no obsoleto e acabou caindo em desuso. É um motor que se aplica em casos especiais, mas ainda existem indústrias que possuem maquinários antigos ainda utilizam em grande escala os motores CC.

5.4.1.2 Motores elétricos corrente alternada

São os motores mais utilizados atualmente devido sua facilidade de manutenção, baixo custo de fabricação e manutenção. São motores que utilizam a corrente alternada (C.A) para o seu funcionamento, ou seja, como a distribuição de energia também é realizada em C.A a viabilidade desse motor é evidente.

No início os motores C.A perdiam espaço para os motores C.C, pois eram motores em que o controle de velocidade não era tão preciso, só que com o desenvolvimento de novas tecnologias e a expansão da eletrônica esse motor passou a ser utilizado em grande escala até mesmo em aplicações em que se deseje um controle preciso de velocidade.

Os motores C.A podem ser divididos em síncronos e assíncronos.

5.4.1.2.1 Motores síncronos

São motores que possuem velocidade constante independentemente da condição da carga aplicada no eixo. No motor síncrono o campo magnético tem velocidade síncrona com o rotor, ou seja, não possui escorregamento. São motores utilizados onde não se pode variar a velocidade do motor com o aumento de carga aplicada no eixo. O motor síncrono possui uma característica que é a de poder efetuar o controle do fator potência de uma instalação elétrica. Um motor síncrono pode funcionar sub-excitado ou sobre-excitado. Quando funciona de modo sub-excitado ele gera potência reativa na rede, mas quando funciona de modo sobre-excitado ele consome parte da potência reativa da rede controlando o fator de potência de uma instalação elétrica.

5.4.1.2.2 Motores assíncronos

São os motores elétricos mais utilizados devido ao baixo custo de manutenção e construção. São motores em que há uma variação entre a velocidade do campo magnético e a velocidade do rotor, ou seja, possui escorregamento. Os motores assíncronos são na maioria das vezes os grandes responsáveis pelo baixo fator de potência de instalações elétricas, pois são máquinas que sempre geram potência reativa ao sistema. Por isso durante a aquisição de motores elétricos devem se procurar utilizar os que possuírem o maior fator de potência possível. Os motores assíncronos já estão muito difundidos no mundo e seu uso é muito comum.

5.4.2 Inversores de frequência

São dispositivos eletrônicos cuja função é efetuar o controle dos motores elétricos trifásicos. O inversor de frequência retifica a corrente alternada em contínua e logo após os IGBT's (transistor de porta isolada) fazem a lógica PWM efetuar o controle do motor.

A figura 15 demonstra o esquema simplificado do inversor de frequência.

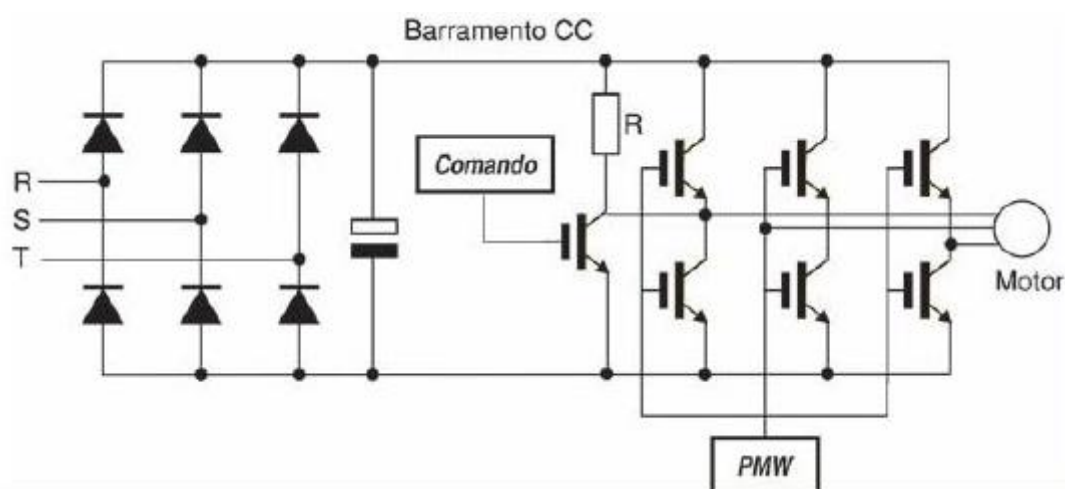


Figura 15 - Inversor de frequência
Fonte: catálogo WEG

Devido ao baixo custo o uso dos inversores de frequência tornou-se indispensável no âmbito industrial para o acionamento de máquinas.

5.4.3 Resistências de aquecimento

Resistência elétrica é a capacidade que um corpo possui de se opor a passagem de corrente elétrica o que faz com que as resistências transformem energia elétrica em térmica.

Alguns equipamentos de processo necessitam de determinada temperatura para funcionar adequadamente dentre os quais podemos citar:

- Motores elétricos de médio porte: possuem resistências de aquecimento internamente no estator a fim de evitar umidade no motor quando o mesmo não estiver sendo utilizado.
- Reservatórios de óleo: alguns reservatórios necessitam que o óleo esteja com uma determinada temperatura para que não percam as suas propriedades específicas
- Filtros de manga: determinados materiais para se obter um bom escoamento necessitam estar em uma determinada temperatura e por isso utilizam resistências.

5.4.4 Equipamentos de iluminação

Os equipamentos de iluminação estão presentes em todas as unidades industriais e sua função é iluminar as mais diversas áreas garantindo segurança.

Para a criação de um projeto na parte de iluminação, é necessário tomar conhecimento de alguns conceitos sobre luminotécnica e sobre as características da luz, sendo eles, o fluxo luminoso, intensidade luminosa, iluminância, eficiência luminosa, índice de reprodução de cor e temperatura de cor (CAPELLI, 2013; BARROS, 2014; BORELLI, 2014; GEDRA, 2014).

Fluxo luminoso é o brilho total da fonte luminosa, representado pela unidade lúmen (lm) (PANESI, 2006).

Intensidade luminosa é a concentração de luz em uma área em uma direção específica, representada pela unidade candela (cd) (CREDER, 2008).

Iluminância é a quantidade de lumens que incide sobre uma determinada área, representada pela unidade Lux (lx) (CREDER, 2008).

Eficiência luminosa é a quantidade de lumens para cada watt de uma lâmpada. As lâmpadas que apresentam uma relação alta de lúmen por watt são

mais eficientes (CREDER, 2008; BARROS, 2014; BORELLI, 2014; GEDRA, 2014).

Índice de reprodução de cor, IRC, é a capacidade que uma fonte de luz tem para reproduzir as cores reais dos objetos, sendo que, cada tipo de lâmpada possui a sua classificação quanto ao índice de reprodução de cor que é uma escala em percentual de 0 a 100 em que um IRC de 100% é a fonte de luz mais confiável (PANESI, 2006).

Temperatura de cor é a aparência da cor que a fonte de luz apresenta de acordo com a temperatura em que ela se encontra. Com temperaturas altas, a fonte de luz apresenta cores brancas e com temperaturas baixas, a fonte de luz 40 apresenta cores amareladas, representada pela unidade Kelvin (K) (PANESI, 2006; BARROS, 2014; BORELLI, 2014; GEDRA, 2014).

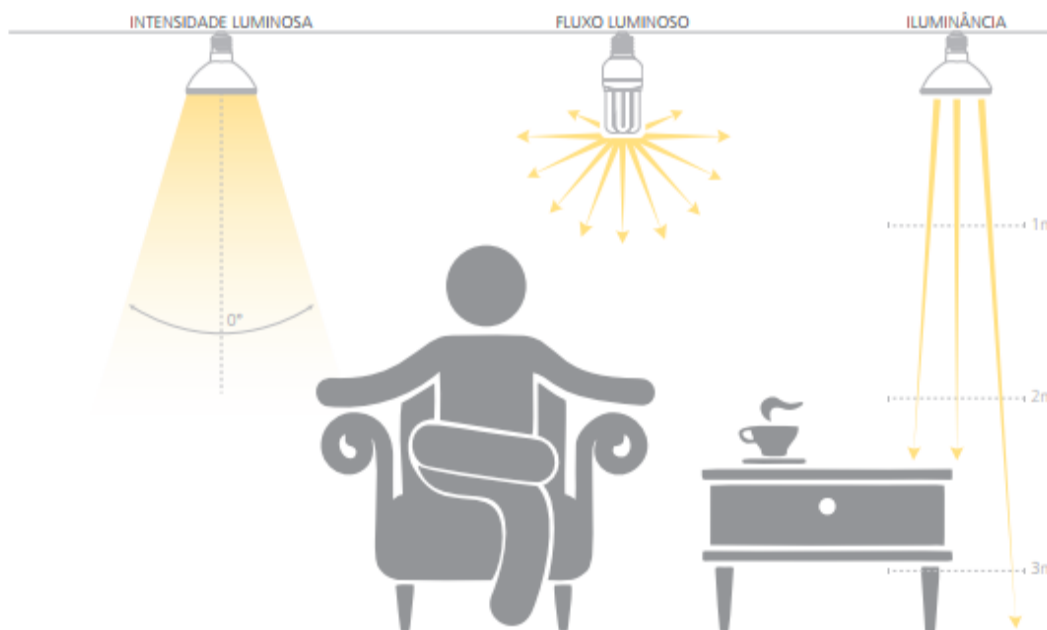


Figura 16 - Exemplo ilustrativo sobre conceitos de luminotécnica
Fonte: Catálogo empalux

5.4.4.1 Tipos de lâmpadas

Atualmente nas indústrias a iluminação ocupa um papel de suma importância, pois devido à periculosidade das instalações os ambientes têm que ser iluminados de maneira adequada, mas isso faz com que o gasto com energia seja também alto nesse quesito. Os avanços na área de luminotécnica propiciaram diversas tipos de lâmpadas e equipamentos auxiliares na área.

- Lâmpada incandescente

Lâmpada que proporciona luz quando um filamento é aquecido até a incandescência por uma corrente elétrica. As lâmpadas incandescentes são a forma mais antiga de tecnologia de iluminação elétrica (PROCEL, 2011). Por ser resistência pura não possui fator de potência e possui também um rendimento muito baixo pois a maior parte da corrente elétrica é transformada em calor ao invés de potência luminosa.



Figura 17 – Lâmpada Incandescente
Fonte: UOL

- Lâmpada Halógena

As lâmpadas halógenas são lâmpadas incandescentes, de alta pressão e que contêm gases halógenos, como o iodo ou o bromo, os quais permitem que os filamentos operem em temperaturas mais altas e que tenham eficiências luminosas maiores, resultando em uma lâmpada com vantagens adicionais quando comparada às incandescentes comuns, suas vantagens em relação a incandescente comum são: luz mais branca, vida útil mais longa, dimensões menores (PROCEL, 2011).



Figura 18 - Lâmpadas halógenas
Fonte: Catálogo da OSRAM

- Lâmpada fluorescente

As lâmpadas fluorescentes contêm em seu interior vapor de mercúrio e gases inertes. Com a passagem da corrente elétrica, os elétrons chocam-se com os átomos de mercúrio e, devido ao choque, a energia é transferida para os elétrons do mercúrio, que irão passar para uma órbita superior em torno do átomo. Quando estes elétrons regressam à sua órbita original, eles emitem energia na forma de radiação ultravioleta, que será convertida em luz pelo pó fluorescente que reveste a superfície interna do bulbo. É da composição deste

pó fluorescente que resultam as mais diferentes alternativas de cor de luz adequadas a cada tipo de aplicação. É ele que determina a qualidade e a quantidade de luz, além da eficiência na produção de cor (PROCEL, 2011).



Figura 19 - Lâmpada fluorescente tubular
Fonte: Catalogo da OSRAM

- Lâmpada Mista

São lâmpadas compostas de um filamento e um tubo de descarga. Funcionam em tensão de rede 220 v, sem uso de reator (PROCEL, 2011).



Figura 20 - Lâmpada mista
Fonte: Catalogo da OSRAM

- Lâmpada de vapor de mercúrio em alta pressão

Lâmpadas de descargas com aparência branco-azulada, eficiência de até 55 lm/W, apresentadas em potências de 80 a 1000 W. São utilizadas, normalmente, na iluminação de vias públicas e áreas industriais (PROCEL, 2011).



Figura 21 - Lâmpada vapor de mercúrio
Fonte: Catalogo da PHILIPS

- Lâmpada de vapor de sódio em alta pressão

São lâmpadas com altíssima eficiência energética, até 130 lm/W, longa durabilidade e, conseqüentemente, longos intervalos para reposição. Estão gradualmente substituindo as lâmpadas ineficientes em iluminação pública, como as de vapor de mercúrio. Apresentam-se em versões tubulares e elipsoidais. Estas últimas se diferem pela emissão dourada, indicada para iluminação de locais onde a reprodução de cor não é um fator importante. Amplamente utilizadas na iluminação externa, avenidas, autoestradas, viadutos, complexos viários, etc., têm seu uso ampliado para áreas industriais, siderúrgicas

e ainda para locais específicos como aeroportos, estaleiros, portos, ferrovias, pátios e estacionamentos (PROCEL, 2011).



Figura 22 - Lâmpada vapor de sódio
Fonte: Catalogo da OSRAM

- Lâmpada de multivapores metálicos

São lâmpadas que combinam iodetos metálicos, apresentando alta eficiência energética e excelente reprodução de cor. Sua luz, extremamente branca e brilhante, realça e valoriza espaços e ilumina com intensidade, além de apresentar longa durabilidade e baixa carga térmica. Alta Potência: Para a iluminação de grandes áreas, com níveis de iluminância elevados e, principalmente, em locais onde alta qualidade de luz é primordial, as lâmpadas de multivapores metálicos de 250 a 3500W são ideais. As lâmpadas multivapores metálicos apresentam durabilidade variada, com índice de reprodução de cor de até 90%, eficiência energética de até 100 lm/W, temperatura de cor de 3000 a 6000K, em versões elipsoidais, tubulares e compactas. São indicadas para iluminação de estádios de futebol, ginásios poliesportivos, piscinas cobertas, indústrias, supermercados, salas de exposição, salões, saguões de teatros e hotéis, fachadas, praças, monumentos,

aeroportos, locais onde ocorrem filmagens e televisionamentos externos, a exemplo dos “sambódromos”. Baixa Potência: Baseando-se nas características das lâmpadas de multivapores metálicos de alta potência, foram desenvolvidas as de baixa potência de 20 a 70W, em versões compactas. Todas, sem exceção, apresentam pequenas dimensões, alta eficiência, ótima reprodução de cor, vida útil longa e baixa carga térmica. Cada uma, dentro de sua característica, é recomendada tanto para uso interno como externo, na iluminação geral ou localizada. Ideais para shopping centers, lojas, vitrines, hotéis, stands, museus, galerias, jardins, fachadas e monumentos (PROCEL, 2011).



Figura 23 - Lâmpada multivapores metálicos
Fonte: Catalogo da OSRAM

- Lâmpada de Led's (Diodo Emissor De Luz)

O LED (diodo emissor de luz) é constituído por uma série de camadas de material semicondutor. Diferentemente do que ocorre com as lâmpadas incandescentes, o LED emite luz em uma determinada cor. A cor da luz depende do material utilizado em sua composição e varia entre as cores vermelho, amarelo, verde e azul. A cor branca pode ser produzida através da mistura das

cores azul, vermelha e verde ou através do LED azul com fósforo amarelo. O LED azul proporciona uma excitação do fósforo, fazendo com que ele emita luz amarela, resultando na luz branca. Com o avanço tecnológico, a eficiência dos LED's aumentou, consideravelmente, nos últimos anos. Dependendo do tipo de cor, obtemos em torno de 50 a 60 lm/W, incrementando ainda mais a cada ano. A tensão de operação do LED também varia em função da cor, variando de 2V a 4V para uma corrente de condução de até 70mA. A eficiência máxima é obtida pelo uso de uma fonte de corrente contínua (DC). A utilização intensiva de fontes eletrônicas em grandes instalações deve merecer atenção especial para aspectos como distorção harmônica e fator de potência.

Os LED's estão sendo utilizados em semáforos de trânsito, na iluminação interna de automóveis e em outros equipamentos de sinalização. Já existem iniciativas de utilização em iluminação pública (PROCEL, 2011).



Figura 24 - Lâmpadas led
Fonte: Catalogo da OSRAM

5.4.4.2 Equipamentos auxiliares utilizados em iluminação

Para o uso correto das lâmpadas são necessários equipamentos auxiliares para seu funcionamento.

- Soquete ou base

Tem como função garantir fixação mecânica e a conexão elétrica da lâmpada (PROCEL, 2011).

- Reatores

Tem por finalidade provocar um aumento de tensão durante a ignição e uma redução na intensidade da corrente, durante o funcionamento da lâmpada. Em termos construtivos, podem se apresentar de duas formas: reatores eletromagnéticos ou reatores eletrônicos (PROCEL, 2011).

- Reatores eletromagnéticos

São os mais comuns nas instalações antigas. Geralmente compostos de núcleo de ferro, bobinas de cobre e capacitores para correção do fator de potência. Devido às suas perdas elétricas, emissão de ruído audível, efeito flicker e carga térmica elevada, não contribuem para o uso eficiente da energia elétrica (PROCEL, 2011).

- Reatores eletrônicos

São os mais procurados por profissionais voltados ao uso eficiente da energia. Trabalham em alta frequência (20 kHz a 50 kHz), sendo mais eficientes que os eletromagnéticos na conversão de potência elétrica em potência luminosa. A qualidade do produto, no entanto, é um fator que deve ser levado em consideração para que se obtenha sucesso na execução do projeto. Os aspectos básicos a serem considerados são o fator de potência (FP) e a distorção harmônica (THD) (PROCEL, 2011).

- Luminárias

Abriga e fixa a lâmpada e direciona a luz. São equipamentos que acoplam a fonte de luz (lâmpada) e modificam a distribuição espacial do fluxo luminoso produzido pela luminária. Suas partes principais são: receptáculo para a fonte luminosa, refletores, difusores e carcaça (PROCEL, 2011).

- Projetores ou Refletores

São encontrados em vários tamanhos; possuem bom rendimento luminoso; são fixados sobre as superfícies ou suspensos; podem ser usados com diversos tipos de lâmpadas, desde as incandescentes comuns, halógenas, até as lâmpadas de vapor de sódio; são de fácil manutenção, dependendo das condições do local. Podem ser aplicados a fachadas, depósitos, estacionamentos (PROCEL, 2011).

- Sensor de presença

A utilização destes equipamentos pode gerar economias significativas. Estes dispositivos asseguram que as luzes permaneçam apagadas quando as salas estão desocupadas, sendo suas aplicações mais apropriadas em locais com perfil de ocupação intermitente ou imprevisível. O sistema é composto por um detector de movimento (que utiliza ondas ultra-sônicas ou radiação infravermelha), uma unidade de controle eletrônica e um interruptor controlável (relé). O detector de presença sente o movimento e envia o sinal apropriado para unidade de controle. A unidade de controle, então, processa o sinal de entrada para fechar ou abrir o relé que controla a potência da luz (PROCEL, 2011).

- Sistema de controle fotoelétrico

Este sistema possui sensores que identificam a presença de luz natural, fazendo a devida diminuição ou até mesmo bloqueio da luz artificial através de dimmers controlados automaticamente. Quando maior a quantidade de luz natural disponível no ambiente, menor será a potência elétrica fornecida às lâmpadas e vice-versa (PROCEL, 2011).

- Minuterias ou reles inteligentes

Dispositivo que aciona a iluminação por período de tempo preestabelecido, suficiente para o usuário chegar ao seu local de destino. Após o tempo programado, o temporizador desativa as lâmpadas, evitando o desperdício de energia (PROCEL, 2011). Atualmente já existem reles inteligentes chamados programadores horários que fazem o controle de todo o

acionamento dos circuitos de iluminação, ou seja, eles realizam o controle de qual horário para ligar e desligar os circuitos, quais os dias da semana que o circuito irá funcionar dentre outras funções.

6 ESTUDO DE CASO

6.1 Soluções em eficiência energética em uma indústria

As indústrias cada vez mais buscam alternativas voltadas para a eficiência energética, a seguir será apresentado exemplos de formas para implementar economia de energia e sua utilização de maneira mais eficiente. Vale ressaltar que no presente estudo não foi levado em consideração o homem hora para a execução das atividades de otimização propostas, isso porque a indústria em questão já conta com uma equipe de manutenção capaz para realização dessas atividades.

6.1.1 Substituição de motores de indução

Os motores representam uma grande oportunidade para que sejam realizados economia de energia elétrica e um aumento no fator de potência da instalação. Desta forma será proposto um plano de substituição dos motores existentes a fim de diminuir o consumo de energia, com a instalação de motores mais eficientes aumentando assim o fator de potência do conjunto.

6.1.1.1 Cenário atual da indústria

Em uma unidade industrial, no qual não podemos citar o nome, que possui atualmente 34 motores de corrente alternada cujas especificações são mostradas na tabela 2, possuem regime de funcionamento constante e 24 horas de funcionamentos por dia.

Tabela 2 - Especificações dos motores

MOTORES ASSINCRONOS TRIFÁSICOS DE CORRENTE ALTERNADA							
Quantidade de Motores	Potência		N° Polos	Tensão (V)	In (A)	Rendimento (%)	Fator de potência
	Cv	kW					
4	175	132	4	440	214	95,3	0,85
2	125	90	4	440	146	94,9	0,85
2	100	75	4	440	122	94,6	0,85
4	40	30	4	440	49,6	93,4	0,85
6	30	22	4	440	37	93	0,84
10	10	7,5	4	440	12,9	91	0,84
6	7,5	5,5	4	440	10,1	90	0,79

Fonte: Autores

Os motores representados na tabela 2 possuem diversos valores de consumo de potência (em kW e cv) mas esses valores não são os que realmente são consumidos, pois, a potência mostrada na tabela é referente ao valor útil na ponta do eixo da máquina e para que possamos saber realmente o valor de potência que é consumido teremos que saber quais são as potências úteis totais dos motores e suas perdas. O termo rendimento é definido pela equação (4) e mostra a relação entre a potência de entrada na máquina e a potência de saída (que realmente executa trabalho).

$$\eta(\text{Rendimento \%}) = \frac{\text{Potência de Saída}(kW, cv)}{\text{Potência de Entrada}(kW, cv)} \quad (4)$$

Logo tomaremos como exemplo para os cálculos das potências de entrada dos motores a primeira linha da tabela 2, que detém os seguintes valores rendimento 95,3% e potência em 132 kW (ou 175 cv, para o cálculo será utilizado kW), e a equação (5) demonstra o cálculo.

$$0,953 = \frac{132\ 000}{\text{Potência de Entrada (kW, cv)}} = 138,5\ kW \quad (5)$$

Obtivemos como resultado da potência de entrada o valor de 138,5 kW, e através da equação 6 obtivemos o valor de 6,5 kW em perdas relacionadas ao funcionamento do motor, ou seja, potência que não será transformada em trabalho para o motor.

$$\text{Perda (kW)} = \text{Potência de entrada (kW)} - \text{Potência de Saída (kW)} \quad (6)$$

$$\text{Perda (kW)} = 138,5 - 132$$

$$\text{Perda (kW)} = 6,5\ kW$$

A seguir serão mostradas na tabela 3 as potências de entradas de todos os motores da instalação considerando a quantidade de um único motor para fins de demonstração.

Tabela 3 - Demonstração das potências de entrada e saída dos motores

Rendimento (%)	Potência Saída (kW)	Potência Entrada (kW)	Potência Perdida (kW)
95,3	132	138,5	6,5
94,9	90	94,8	4,8
94,6	75	79,3	4,3
93,4	30	32,1	2,1
93	22	23,7	1,7
91	7,5	8,2	0,7
90	5,5	6,1	0,6

Fonte: Autores

De acordo com os resultados obtidos na tabela 3 podemos agora considerar os cálculos envolvendo a quantidade de motores existentes na indústria, e obteremos a tabela 4 que mostra a potência total de entrada, potência total de saída e a perda de potência total de todos os motores agrupados.

Tabela 4 - Potências totais; Saída, Entrada e Perda

Potência Saída (kW)	Potência Entrada (kW)	Potência Perdida (kW)
1218	1291,8	73,8

Fonte: Autores

Analisando a tabela 4 observa-se que no universo apresentado perde-se 73,8 kW em potência, e como o funcionamento dos motores é ininterrupto, ou seja, funcionam 24 horas diárias. Através das equações 7 e 8 encontramos os seguintes resultados de perdas por dia de 1,77 MWh e por mês de 53,14 MWh.

$$\text{Perda de energia diária (kWh, MWh)} = \text{Potência (kW)} \times 24\text{hrs} \quad (7)$$

$$\text{Perda de energia diária (kWh, MWh)} = 73,8 \times 24$$

$$\text{Perda de energia diária (kWh, MWh)} = 1,77 \text{ MWh}$$

$$\text{Perda de energia mensal (kWh, MWh)} = \text{Perda de energia diária} \times 30 \text{ dias} \quad (8)$$

$$\text{Perda de energia mensal (kWh, MWh)} = 1771200 \times 30$$

$$\text{Perda de energia mensal (kWh, MWh)} = 53,14 \text{ MWh}$$

A energia perdida poderia ser utilizada em outros processos da empresa e também poderia representar uma redução de consumo de energia elétrica com relação ao uso de motores elétricos na indústria.

6.1.1.2 Proposta de substituição de motores

Após análise na situação atual da indústria foi verificada a possibilidade de se obter economia de energia, implementando-se um plano para substituição dos motores atuais, por motores com maiores rendimentos. A tabela 5 e 6 apresentam os dados dos novos motores após análise técnica do catálogo do fornecedor ideal.

Tabela 5 - Escolha de motores com maior rendimento

Quantidade de Motores	Potência		N° Pólos	Tensão (V)	In (A)	Rendimento (%)
	cv	kW				
4	175	132	4	440	211	96,5
2	125	90	4	440	146	96,2
2	100	75	4	440	125	96,2
4	40	30	4	440	49,6	95

Fonte: Catálogo WEG, W22 IR4 Super Premium

Tabela 6 - Escolha de motores com maior rendimento

Quantidade de Motores	Potência		N° Pólos	Tensão (V)	In (A)	Rendimento (%)
	cv	kW				
6	30	22	4	440	37,9	94
10	10	7,5	4	440	12,7	92
6	7,5	5,5	4	440	10,1	91

Fonte: catálogo WEG, W22 IR3 Super Premium

Após escolha dos motores pode-se realizar um comparativo entre os rendimentos dos motores antigos e os novos, a tabela 7 mostra essa comparação e verifica-se um ganho médio de 1,24 % de rendimento em cada tipo de motor.

Tabela 7 - Comparativo entre os motores

Rendimento Antigo (%)	Rendimento Novo (%)	Ganho (%)
95,3	96,5	1,2
94,9	96,2	1,3
94,6	96,2	1,6
93,4	95	1,6
93	94	1
91	92	1
90	91	1

Fonte: Autores

Assim como foi feito no tópico anterior a tabela 8 demonstra a potência de entrada para os novos motores considerando no primeiro momento um único motor de cada potência.

Tabela 8 - Potências de entrada para os novos motores

Rendimento (%)	Potência Saída (kW)	Potência Entrada (kW)	Potência Perdida (kW)
96,5	132	136,8	4,8
96,2	90	93,6	3,6
96,2	75	78,0	3,0
95	30	31,6	1,6
94	22	23,4	1,4
92	7,5	8,2	0,7
91	5,5	6,0	0,5

Fonte: Autores

Após analisar a tabela 8 para um único motor, será considerada para a tabela 9 a quantidade de motores que atualmente constam na unidade industrial do presente estudo, para demonstrarmos as potências totais e as potências perdidas.

Tabela 9 - Novos valores de potencias totais dos novos motores

Potência Saída (kW)	Potência Entrada (kW)	Potência Perdida (kW)
1218	1274,71	56,71

Fonte: Autores

De acordo com a análise das tabelas 4 e 9 analisando a coluna referente as potências que eram praticamente perdidas observa-se uma economia de 17,1 kW, o que em energia representa por dia 410,4 kWh, já ao mês 12,312 MWh e 147,7MWh ao ano.

6.1.1.3 Viabilidade financeira

Após análise da economia obtida em consumo de energia, será demonstrada a viabilidade do ponto de vista financeiro.

6.1.1.3.1 Economia obtida

A tabela 10 demonstra os valores praticados em relação ao consumo cobrado pela companhia de energia elétrica em MWh, para a indústria analisada no atual estudo, pela mesma observa-se dois valores de consumo distintos R\$ 431,16 para horário fora de ponta e R\$ 297,18 para horário de ponta.

Tabela 10 - Tarifas de consumo de energia para consumidor A2.

TARIFAS DE ALTA TENSÃO / MÉDIA TENSÃO - ESTRUTURA HOROSSAZONAL AZUL						
NIVEL DE TENSÃO	PONTA			FORA PONTA		
	TUSD + TE	TUSD	TE	TUSD + TE	TUSD	TE
A2 (88 a 138kV)	R\$ 431,16	R\$ 42,42	R\$ 388,74	R\$ 297,18	R\$ 42,42	R\$ 254,76

Fonte: Light.

De posse dos dados apresentados na tabela 10 serão demonstrados na tabela 11 os valores em reais com a economia obtida.

Tabela 11 - Valores em reais obtidos com a economia no consumo.

Valor de economia do consumo no horário fora de ponta	Valor de economia do consumo no horário de Ponta	Valor total de economia no consumo
R\$ 38.418,24	R\$ 7.962,66	R\$ 46.380,90

Fonte: Autores

6.1.1.3.1 Fluxo de caixa

A tabela 12 mostra os valores dos novos motores no mercado atual a serem utilizados na proposta de substituição, vale ressaltar que alguns fabricantes de motores estão incentivando a troca dos motores e para isso é concedido um crédito sucata que nada mais é do que pagar um valor pelo motor antigo para estímulo da substituição.

Tabela 12 - Valores comerciais dos novos motores e credito sucata

Potência		Valor unitário motor	Credito sucata
Cv	Kw		
175	132	R\$ 45.369,26	R\$ 6.439,54
125	90	R\$ 35.014,66	R\$ 5.456,55
100	75	R\$ 21.980,86	R\$ 3.542,84
40	30	R\$ 8.192,75	R\$ 1.526,28
30	22	R\$ 7.288,54	R\$ 1.130,26
10	7,5	R\$ 2.967,62	R\$ 404,68
7,5	5,5	R\$ 2.374,57	R\$ 323,81

Fonte: Autores

De posse dos dados da tabela 12 pode-se observar os valores de cada motor e seu respectivo crédito sucata, e então na tabela 13 será mostrado os valores totais considerando a quantidade de motores contemplada no estudo.

Tabela 13 - Valor total do estudo

Valor total	Total credito sucata	Investimento
R\$ 415.893,94	R\$ 62.633,28	R\$ 353.260,66

Fonte: Autores

Logo obtemos o valor do investimento que é o valor total da compra dos motores subtraído do credito sucata total oferecido pelo fabricante e o valor total do investimento será de R\$ 353.260,66. Na figura 25 pode-se observar o fluxo de caixa do investimento e seu retorno em sete anos utilizando os valores obtidos com a própria economia de energia, ou seja, a proposta se paga com o valor que foi economizado em aproximadamente 7,5 anos.

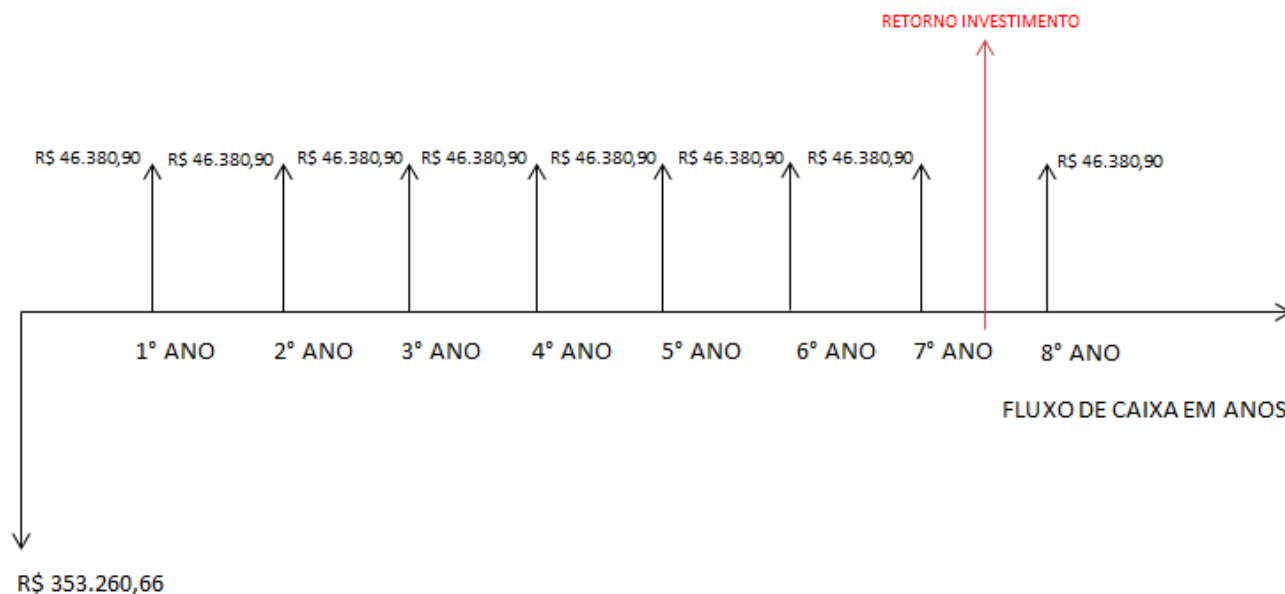


Figura 25 - Fluxo de caixa para a proposta de substituição de motor

Fonte: Autores

6.1.2 Otimização dos equipamentos de iluminação

Outro fator que contribui para um consumo exagerado de uma indústria é a iluminação, visto que é um item indispensável para o conforto e segurança, mas alguns pontos podem ser melhorados para que haja economia nesse setor.

6.1.2.1 Cenário atual da indústria.

Na unidade industrial em estudo, com os circuitos de iluminação ligados ininterruptamente e as especificações das lâmpadas estão descritas na tabela 14.

Tabela 14 - Especificação dos equipamentos de iluminação

Tipo de equipamento	Tipo lâmpada	Potência (W)	Corrente (A)	Tensão (V)	Fluxo luminoso (lm)	Eficiência luminosa (lm/w)	Quantidade
Refletor	Mista	250	1,2	220-230	5500	21	50
Refletor	Mista	500	2,4	220-230	14000	26	25
Luminária	Fluorescente	2 X 32	0,4	220-230	2600	81	100
Reator eletrônico		65	0,53	220-230			100

Fonte: Autores

De acordo com a tabela 14 verificamos um universo de 175 aparelhos de iluminação na indústria em análise e através dos dados obtidos será demonstrada a soma das potências de todos os aparelhos de iluminação na tabela 15.

Tabela 15 - Soma das potências dos 175 aparelhos de iluminação

Potência Total dos aparelhos (KW)
37,9

Fonte: Autores

Da tabela 15 obtivemos 37,90 kW de potência consumida o que representa um consumo de energia equivalente a 909,6 kWh por dia, 27,3 MWh por mês e 327,46 MWh por ano.

6.1.2.1 Proposta para melhor eficiência em iluminação

Nesse tópico serão apresentadas algumas propostas para que haja uma melhor eficiência nos circuitos de iluminação.

6.1.2.1.1 Substituição dos refletores convencionais por LED

Como foi observado na tabela 14 existem 175 aparelhos de iluminação dentre os quais 75 são refletores dotados de lâmpada mista, as lâmpadas mistas não precisam de reatores para funcionar, mas não possuem uma boa eficiência luminosa e consomem uma quantidade de energia considerável.

Como proposta, observe por exemplo, o refletor da tabela 16 que mostra as especificações dos refletores de LED, a fim de compararmos os respectivos fluxos luminosos, eficiência luminosa e potência consumida.

Tabela 16 - Especificações dos refletores LED

Potência (W)	Fluxo luminoso (lm)	Tensão (V)	Vida útil (hrs)
100	8000	100-240	30.000
150	12000	100-240	30.000
200	16000	100-240	30.000
400	32000	100-240	30.000

Fonte: Catálogo LEOX

Após uma análise da tabela 16 observa-se que o refletor de 100W LED possui 8000 lumens de fluxo luminoso contra os 5500 lumens do refletor de lâmpada mista de 250W, ou seja, o refletor de LED possui aproximadamente 50 % menos potência consumida e mais fluxo luminoso, o mesmo acontece quando analisamos o refletor de LED de 200W, este possui 16000 lumens de

fluxo contra os 14000 do refletor de lâmpada mista de 500W. Outro fator importante quando nos referirmos à tecnologia LED é com relação a sua vida útil prolongada o que para o setor de manutenção é muito importante, pois evita que se façam trocas mais frequentes dos refletores.

Considerando o universo dos refletores a tabela 17 demonstra a comparação entre a potência total consumida pelos refletores de LED e os de lâmpada mista e observam-se uma economia de 60 % no consumo, 25 kW de consumo dos refletores com lâmpada mista contra 10 kW de consumo dos refletores de LED.

Tabela 17 - Comparativo entre a potência total consumida dos refletores

Potência total dos Refletores com lâmpada mista (kW)	Potência total dos Refletores LED (kW)
25	10

Fonte: Autores

6.1.2.1.2 Substituição das luminárias fluorescentes por LED.

Outro ponto em que se pode obter economia é na substituição das luminárias fluorescentes por luminárias de LED, uma luminária convencional que é o objeto de análise do nosso estudo possui duas lâmpadas fluorescentes de 32W cada uma, e além disso, para funcionar elas precisam de reatores os quais consomem 65W, o que totaliza 129W por luminária. Fazendo uma comparação com as lâmpadas tubulares de LED para obter o mesmo fluxo luminoso que uma luminária fluorescente de 32W deve ser utilizado lâmpadas LED de 18W, o que totalizaria 36W por luminária LED, uma vez que não necessitam de reatores para funcionar. Percebe-se que uma luminária montada com lâmpadas tubulares fluorescentes e reator demanda 129W da rede, contra 36W de uma luminária montada com lâmpadas LED. A tabela 18 demonstra a comparação entre as potências totais das luminárias fluorescentes e as LED e observa-se uma economia de aproximadamente 72% de consumo de potência.

Tabela 18 - Comparativo entre a potência consumida pelas luminárias convencionais e LED

Quantidade de luminárias	Potência por luminária convencional + reator (W)	Potência por luminária LED (W)	Potência total das luminárias fluorescentes (kW)	Potência total das luminárias LED (kW)
100	129	36	12,9	3,6

Fonte: Autores

6.1.2.1.3 Controle automático dos circuitos de iluminação

Os circuitos de iluminação em análise possuem funcionamento 24 h por dia, ou seja, não há nenhum método de controle do funcionamento dos circuitos. Logo será proposto um programador horário para efetuar o gerenciamento das horas em que os circuitos ficarão ligados. Pode-se observar o modelo na figura 26.



Figura 26 - Programador horário

Fonte: COEL

Os circuitos podem ser programados da forma como for mais conveniente para que funcionem de forma automática. No presente estudos vamos

considerar que os circuitos de iluminação irão funcionar no período de 17 h da tarde até as 08 h da manhã o que representara 15 h de funcionamento.

Considerando que as melhorias em termos de troca das luminárias e refletores já foram efetuadas, vamos considerar primeiramente que os aparelhos de iluminação funcionam 24 h por dia, ou seja, se considerarmos a potência total dos refletores LED que é de 10 kW e a potência total das luminárias LED é de 3,6 kW somando-se as duas potencias obtemos 13,6 kW de potência, e refletindo em consumo de energia 13,6 kWh por uma hora de funcionamento, em 24 h seriam consumidos 326,4 kWh.

Apenas controlando as horas de funcionamento dos circuitos, fazendo-os operar em 15 h por dia o consumo diário seria de 204 kWh. Isso representa aproximadamente 38 % de economia no consumo de energia dos circuitos de iluminação.

6.1.2.2 Viabilidade financeira

Dentre as propostas que foram definidas no presente trabalho será analisado o aspecto financeiro das modificações.

6.1.2.2.1 Economia obtida

De acordo com a tabela 10 que contempla os valores da tarifa de energia elétrica no horário de ponta o valor do MWh é de R\$ 431,16 e no horário de fora ponta R\$ 297,18. O consumo de potência dos circuitos antigos de iluminação é de 37,9 kW, o que no ano nos dá um consumo de 327,46 MWh.

Considerando os horários tarifários obtemos 286,52 MWh ao ano de consumo no horário de fora ponta e 40,93 MWh ao ano no horário de ponta o que

representa em termos financeiros respectivamente R\$ 85.148,014 no horário de fora ponta e R\$ 17.647,38 no horário de ponta totalizando R\$ 102.795,4.

De acordo com a proposta de melhoria o consumo de potência passaria a ser 13,6 kW e o consumo de energia já considerando o controle das horas de funcionamento o consumo diário é de 204 kWh e em um ano seria 73,44 MWh. Considerando os horários de ponta e fora ponta obtemos respectivamente 14,7 MWh e 58,75 MWh ao ano o que em termos financeiros totaliza R\$ 23.797,38 ao ano de tarifa com energia elétrica.

A tabela 19 e 20 mostram os valores que foram pagos com as tarifas de energia elétrica antes e depois das propostas de melhorias e os respectivos consumos podendo ser observado uma economia expressiva de R\$ 79.001,02 e 254 MWh

Tabela 19 - Variação do consumo e economia obtida

Consumo antes da proposta (MWh ao ano)	Consumo depois da proposta (MWh ao ano)	Economia no Consumo geral com iluminação (MWh ao ano)
327,46	73,44	254,02

Fonte: Autores

Tabela 20 - Variação das Tarifas pagas e economia Obtida.

Valor pago com tarifa de energia antes da proposta (R\$)	Valor pago com tarifa de energia depois da proposta (R\$)	Economia financeira obtida com a proposta de iluminação (R\$)
102.795,40	23.797,38	78.998,02

Fonte: Autores

6.1.2.2.2 Fluxo de caixa

Hoje em dia a tecnologia LED está totalmente acessível e a diversos tipos de preços e modelos dos equipamentos, a tabela 21 apresenta os valores médios dos componentes demonstrados no presente estudo e observa-se um

investimento inicial de R\$26.742,50 que se paga com menos de um ano de economia, pois em um ano a mesma chegará ao valor de R\$78.998,02, como demonstrado na figura 26.



Figura 27 - Fluxo de caixa para a proposta de substituição de iluminação
Fonte: Autores

Tabela 21 - Valores médios dos equipamentos

Descrição do equipamento	Valor unitário	Quantidade	Valor total
Refletor LED 100 W	R\$ 178,90	50	R\$ 8.945,00
Refletor LED 200 W	R\$ 399,90	25	R\$ 9.997,50
Luminária LED 18 W	R\$ 39,00	200	R\$ 7.800,00
Programador COEL	R\$ 150,00	5	R\$ 750,00
Total			R\$ 26.742,50

Fonte: Autores

6.1.3 Considerações finais

Conforme foi abordado no presente estudo obtivemos economia expressiva em dois ramos muito utilizados no setor industrial que tratam dos motores elétricos e dos circuitos de iluminação.

A tabela 22 e 23 demonstram a economia total no universo abordado em MWh por ano e financeiramente em reais (R\$), ou seja, a economia total que foi obtida através do uso de técnicas de eficiência energética na indústria analisada.

Tabela 22 - Análise do consumo global e economia total obtida

Modalidade Analisada	Consumo antes da proposta (MWh ao ano)	Consumo depois da proposta (MWh ao ano)	Economia no Consumo em geral (MWh ao ano)
Motores Elétricos	11.161,15	11.013,40	147,75
Circuitos de Iluminação	327,46	73,44	254,02
Total			401,77

Fonte: Autores

A figura 28 abaixo demonstra a redução do consumo em MWh por ano, mostrando o quanto este projeto se mostrou viável mediante a redução de consumo de energia.

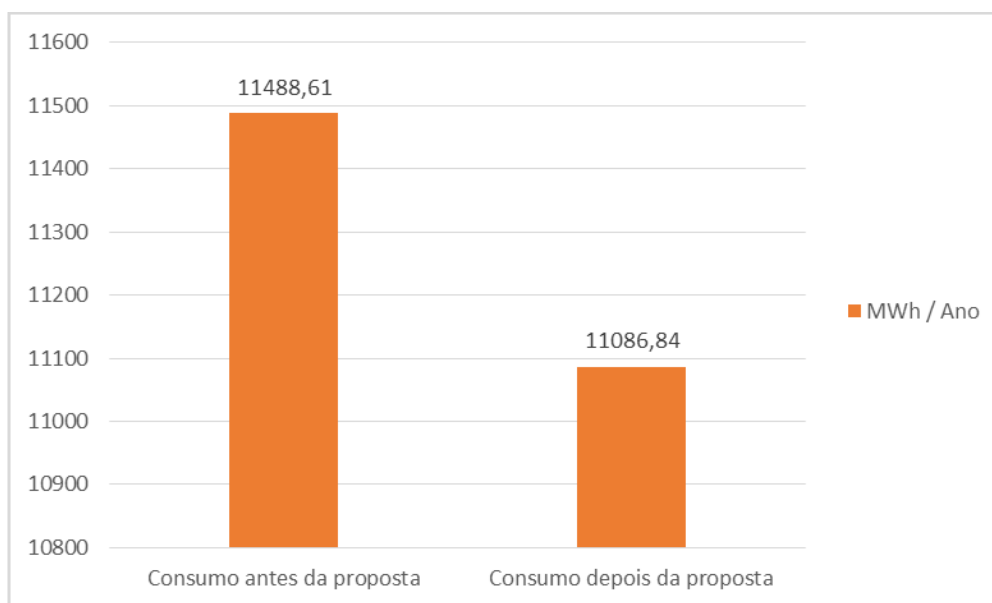


Figura 28 - Demonstrativo da redução do consumo em MWh por ano.

Fonte Autores

Obtivemos uma economia financeira de R\$ 125.378,92 reais ao ano, como se verifica na tabela 23, logo os equipamentos que foram propostos nessa análise podem ser pagos utilizando esse valor de economia. Observando a tabela 24 temos que os valores totais dos equipamentos são de R\$ 380.003,16 sendo o payback de aproximadamente 3 anos, após esse prazo o dinheiro pode ser utilizado para outros fins de acordo com o interesse da indústria.

Tabela 23 - Analise dos valores Pagos e economia Total obtida

Modalidade Analisada	Valor pago com tarifa de energia antes da proposta (R\$ ao ano)	Valor pago com tarifa de depois da proposta (R\$ ao ano)	Economia financeira obtida com a proposta (R\$ ao ano)
Motores Elétricos (Somente o valor referente às perdas por rendimento)	191.012,89	144.631,99	46.380,90
Circuitos de Iluminação	102.795,40	23.797,38	78.998,02
Total			125.378,92

Fonte: Autores

Tabela 24 - Valor total dos equipamentos propostos nessa análise

Equipamentos propostos	Valor total dos equipamentos (R\$)
Motores	353.260,66
Iluminação	26.742,50
Total	380.003,16

Fonte: Autores

Logo, pode-se dizer que utilizando técnicas simples de eficiência energética é possível diminuir o consumo afim de obter economia financeira, e ainda pagar pelas modificações que foram realizadas, somente com o retorno financeiro que foi obtido a partir do estudo de eficiência realizado.

A figura 29 apresenta o fluxo de caixa geral das mudanças que foram realizadas, ou seja, levando em consideração tanto a parte de motores quanto as modificações no sistema de iluminação.

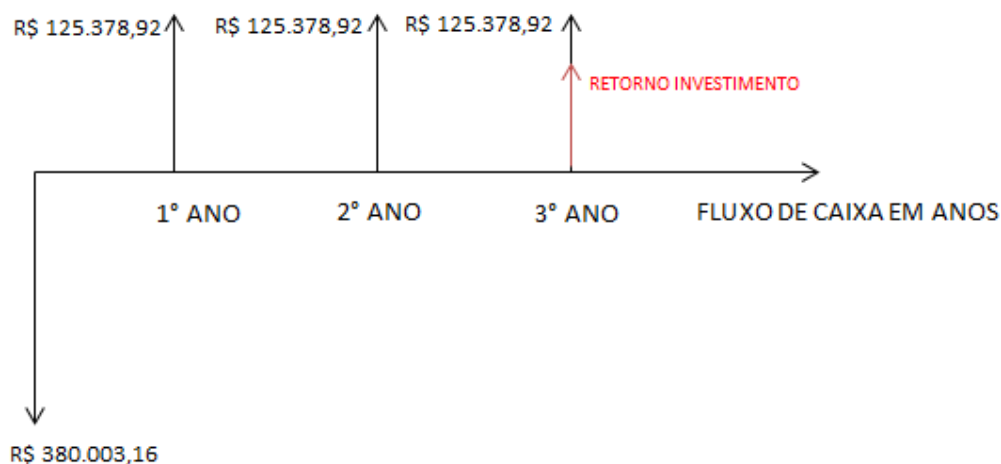


Figura 29 - Fluxo de caixa geral

Fonte: Autores

7 Referências bibliográficas

GEDRA, Ricardo Luis. **Gerenciamento de energia**: Ações administrativas e técnicas de uso adequado da energia elétrica. 1 ed. São Paulo: Érica, 2014.

CAPELLI, Alexandre. **Energia elétrica: qualidade eficiência para aplicações industriais** 1 ed. São Paulo. Érica 2014.

PEREIRA, Mario Jorge. **Energia – Eficiência e alternativas**. 1 ed São Paulo: Ciência Moderna, 2009

EPE - Empresa de Pesquisa energética. **Balço energético Nacional 2016** Disponível em: www.epe.gov.br/quemsomos/Paginas/default.aspx. Acesso em: 10 de março 2017

COPEL – Companhia Paranaense de Energia. **Manual de Eficiência Energética na Indústria**. Curitiba, PR, 2005, 155 p.

PORTAL DA ELETRONICA. Disponível em: < <http://padteletronica.blogspot.com.br/2013/10/qualidade-da-energia-eletrica.html> >. Acesso em 25 de Julho de 2017.

Cartilha ministério minas e energia. Disponível em: < http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/MANUAL%20DE%20LUMI%20NACAO%20-%20PROCEL_EPP%20-AGOSTO%202011.pdf. Acesso em 28 de julho de 2017.

LIGHT – Empresa Privada de Geração, Distribuição, Comercialização e Soluções de Energia Elétrica. Disponível em: < <http://www.light.com.br/para-residencias/Sua-Conta/composicao-da-tarifa.aspx> >. Acesso em 10 de agosto de 2017

OUROLUX – Empresa Privada de Fabricação de produtos de iluminação. Disponível em: < http://www.ourolux.com.br/produto_detalhe/tubular-de-led >. Acesso em 10 de agosto de 2017.

TASCHIBRA – Empresa Privada de Fabricação de Produtos de Iluminação. Disponível em: < <http://www.taschibra.com.br/site/web/pt/produto/tubulares-t5-t8> >. Acesso em 20 de setembro de 2017.

CHAPMAN, Stephen J. **Fundamentos de Maquinas Elétricas**. 5 ed. Porto Alegre: AMGH, 2013

CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. 15ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

PANESI, André R. Quinteros. **Fundamentos de Eficiência Energética: Industrial, Comercial e Residencial**. São Paulo: Ensino Profissional, 2006.

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Manual de Iluminação**. Rio de Janeiro, RJ, 2011. 54 p.

WEG – **Motores Elétricos: Guia de Especificação**. Disponível em: < <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-w22-motor-trifasico-tecnico-mercado-brasil-50023622-catalogo-portugues-br.pdf> >. Acesso em 05 de outubro de 2017.


PARANÁ EQUIPAMENTOS – Empresa de Equipamentos industriais. **Motores Elétricos**. Disponível em: < <http://www.paranaequip.com.br/manutencao-motores-eletricos> >. Acesso em 10 de outubro de 2017.

HADDAD, Jamil. **Energia Elétrica: Conceitos, Qualidade e Tarifação**. Rio de Janeiro: Procel Indústria, 2004.

IFSC – Instituto Federal de Santa Catarina. Disponível em: <
https://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/index.php/CEL18702_2017_1_AULA16 >. Acesso
em 20 de outubro de 2017.

ANEXO 1

Folha de dados dos motores utilizados no presente estudo.

			No.:
			Data: 08-NOV-2017
FOLHA DE DADOS Motor trifásico de indução - Rotor de gaiola			
Cliente	:		
Linha do produto	: W22 IR3 Premium		
Carcaça	: L112M		
Potência	: 7,5 HP		
Frequência	: 60 Hz		
Polos	: 4		
Rotação nominal	: 1750 rpm		
Escorregamento	: 2,78 %		
Tensão nominal	: 440 V		
Corrente nominal	: 10,2 A		
Corrente de partida	: 74,5 A		
Ip/In	: 7,3		
Corrente a vazio	: 5,80 A		
Conjugado nominal	: 30,0 Nm		
Conjugado de partida	: 250 %		
Conjugado máximo	: 320 %		
Categoria	: ---		
Classe de isolamento	: F		
Elevação de temperatura	: 80 K		
Tempo de rotor bloqueado	: 15 s (quente)		
Fator de serviço	: 1,25		
Regime de serviço	: S1		
Temperatura ambiente	: -20°C - +40°C		
Altitude	: 1000 m		
Proteção	: IP55		
Massa aproximada	: 51 kg		
Momento de inércia	: 0,02055 kgm ²		
Nível de ruído	: 56 μ B (A)		
	Dianteiro	Traseiro	
Rolamento	6207 ZZ	6206 ZZ	
Intervalo de lubrificação	---	---	
Quantidade de graxa	---	---	
	Carga	Fator potência	Rendimento (%)
	100%	0,78	91,0
	75%	0,70	90,3
	50%	0,58	89,7

	No.:
	Data: 08-NOV-2017

FOLHA DE DADOS

Motor trifásico de indução - Rotor de gaiola

Cliente	:
Linha do produto	: W22 IR3 Premium

Carcça	: 132M
Potência	: 10 HP
Frequência	: 60 Hz
Polos	: 4
Rotação nominal	: 1765 rpm
Escorregamento	: 1,94 %
Tensão nominal	: 440 V
Corrente nominal	: 12,7 A
Corrente de partida	: 104 A
Ip/In	: 8,2
Corrente a vazio	: 6,00 A
Conjugado nominal	: 40,6 Nm
Conjugado de partida	: 230 %
Conjugado máximo	: 350 %
Categoria	: ---
Classe de isolamento	: F
Elevação de temperatura	: 80 K
Tempo de rotor bloqueado	: 13 s (quente)
Fator de serviço	: 1,25
Regime de serviço	: S1
Temperatura ambiente	: -20°C - +40°C
Altitude	: 1000 m
Proteção	: IP55
Massa aproximada	: 72 kg
Momento de inércia	: 0,05631 kgm ²
Nível de ruído	: 58 dB(A)

	Dianteiro	Traseiro	Carga	Fator potência	Rendimento (%)
Rolamento	6308 ZZ	6207 ZZ	100%	0,84	92,0
Intervalo de lubrificação	---	---	75%	0,78	91,6
Quantidade de graxa	---	---	50%	0,66	90,8

	No.:
	Data: 08-NOV-2017

FOLHA DE DADOS

Motor trifásico de indução - Rotor de gaiola

Cliente	:
Linha do produto	: W22 IR3 Premium

Carcaça	: 180M
Potência	: 30 HP
Frequência	: 60 Hz
Polos	: 4
Rotação nominal	: 1770 rpm
Escorregamento	: 1,67 %
Tensão nominal	: 440 V
Corrente nominal	: 37,9 A
Corrente de partida	: 288 A
Ip/In	: 7,6
Corrente a vazio	: 18,0 A
Conjugado nominal	: 119 Nm
Conjugado de partida	: 320 %
Conjugado máximo	: 300 %
Categoria	: ---
Classe de isolamento	: F
Elevação de temperatura	: 80 K
Tempo de rotor bloqueado	: 20 s (quente)
Fator de serviço	: 1,25
Regime de serviço	: S1
Temperatura ambiente	: -20°C - +40°C
Altitude	: 1000 m
Proteção	: IP55
Massa aproximada	: 178 kg
Momento de inércia	: 0,19185 kgm ²
Nível de ruído	: 64 dB(A)

	Dianteiro	Traseiro	Carga	Fator potência	Rendimento (%)
Rolamento	6311 C3	6211 Z-C3	100%	0,81	94,0
Intervalo de lubrificação	20000 h	20000 h	75%	0,76	93,8
Quantidade de graxa	18 g	11 g	50%	0,66	93,0

	No.:
	Data: 08-NOV-2017

FOLHA DE DADOS

Motor trifásico de indução - Rotor de gaiola

Cliente	:
Linha do produto	: W22 IR4 Super Premium

Carcaça	: 200M
Potência	: 40 HP
Frequência	: 60 Hz
Polos	: 4
Rotação nominal	: 1780 rpm
Escorregamento	: 1,11 %
Tensão nominal	: 440 V
Corrente nominal	: 51,2 A
Corrente de partida	: 430 A
Ip/In	: 8,4
Corrente a vazio	: 23,0 A
Conjugado nominal	: 161 Nm
Conjugado de partida	: 320 %
Conjugado máximo	: 350 %
Categoria	: ---
Classe de isolamento	: F
Elevação de temperatura	: 80 K
Tempo de rotor bloqueado	: 22 s (quente)
Fator de serviço	: 1,25
Regime de serviço	: S1
Temperatura ambiente	: -20°C - +40°C
Altitude	: 1000 m
Proteção	: IP55
Massa aproximada	: 242 kg
Momento de inércia	: 0,37207 kgm ²
Nível de ruído	: 65 dB(A)

	Dianteiro	Traseiro	Carga	Fator potência	Rendimento (%)
Rolamento	6312 C3	6212 Z-C3	100%	0,81	95,0
Intervalo de lubrificação	20000 h	20000 h	75%	0,75	94,5
Quantidade de graxa	21 g	13 g	50%	0,64	93,6

	No.:
	Data: 08-NOV-2017

FOLHA DE DADOS
Motor trifásico de indução - Rotor de gaiola

Cliente	:
Linha do produto	: W22 IR4 Super Premium

Carcça	: 250S/M
Potência	: 100 HP
Frequência	: 60 Hz
Polos	: 4
Rotação nominal	: 1785 rpm
Escorregamento	: 0,83 %
Tensão nominal	: 440 V
Corrente nominal	: 125 A
Corrente de partida	: 1100 A
Ip/In	: 8,8
Corrente a vazio	: 55,0 A
Conjugado nominal	: 401 Nm
Conjugado de partida	: 270 %
Conjugado máximo	: 310 %
Categoria	: ---
Classe de isolamento	: F
Elevação de temperatura	: 80 K
Tempo de rotor bloqueado	: 12 s (quente)
Fator de serviço	: 1,25
Regime de serviço	: S1
Temperatura ambiente	: -20°C - +40°C
Altitude	: 1000 m
Proteção	: IPW55
Massa aproximada	: 575 kg
Momento de inércia	: 1,2101 kgm ²
Nível de ruído	: 70 dB(A)

	Dianteiro	Traseiro	Carga	Fator potência	Rendimento (%)
Rolamento	6314 C3	6314 C3	100%	0,82	96,2
Intervalo de lubrificação	12000 h	12000 h	75%	0,78	95,8
Quantidade de graxa	27 g	27 g	50%	0,67	95,4

	No.:
	Data: 08-NOV-2017

FOLHA DE DADOS

Motor trifásico de indução - Rotor de gaiola

Cliente	:
Linha do produto	: W22 IR4 Super Premium

Carcaça	: 280S/M
Potência	: 125 HP
Frequência	: 60 Hz
Polos	: 4
Rotação nominal	: 1785 rpm
Escorregamento	: 0,83 %
Tensão nominal	: 440 V
Corrente nominal	: 146 A
Corrente de partida	: 1050 A
Ip/In	: 7,2
Corrente a vazio	: 46,0 A
Conjugado nominal	: 482 Nm
Conjugado de partida	: 240 %
Conjugado máximo	: 280 %
Categoria	: ---
Classe de isolamento	: F
Elevação de temperatura	: 80 K
Tempo de rotor bloqueado	: 38 s (quente)
Fator de serviço	: 1,25
Regime de serviço	: S1
Temperatura ambiente	: -20°C - +40°C
Altitude	: 1000 m
Proteção	: IPW55
Massa aproximada	: 781 kg
Momento de inércia	: 2,4558 kgm ²
Nível de ruído	: 72 dB(A)

	Dianteiro	Traseiro	Carga	Fator potência	Rendimento (%)
Rolamento	6316 C3	6316 C3	100%	0,84	96,2
Intervalo de lubrificação	10000 h	10000 h	75%	0,79	95,8
Quantidade de graxa	34 g	34 g	50%	0,68	95,0

	No.:
	Data: 08-NOV-2017

FOLHA DE DADOS

Motor trifásico de indução - Rotor de gaiola

Cliente	:
Linha do produto	: W22 IR4 Super Premium

Carcaça	: 315S/M
Potência	: 175 HP
Frequência	: 60 Hz
Polos	: 4
Rotação nominal	: 1790 rpm
Escorregamento	: 0,56 %
Tensão nominal	: 440 V
Corrente nominal	: 211 A
Corrente de partida	: 1620 A
Ip/In	: 7,7
Corrente a vazio	: 80,0 A
Conjugado nominal	: 705 Nm
Conjugado de partida	: 270 %
Conjugado máximo	: 280 %
Categoria	: ---
Classe de isolamento	: F
Elevação de temperatura	: 80 K
Tempo de rotor bloqueado	: 30 s (quente)
Fator de serviço	: 1,25
Regime de serviço	: S1
Temperatura ambiente	: -20°C - +40°C
Altitude	: 1000 m
Proteção	: IPW55
Massa aproximada	: 1040 kg
Momento de inércia	: 3,5446 kgm ²
Nível de ruído	: 75 dB(A)

	Dianteiro	Traseiro	Carga	Fator potência	Rendimento (%)
Rolamento	6319 C3	6316 C3	100%	0,85	96,5
Intervalo de lubrificação	8000 h	10000 h	75%	0,81	95,7
Quantidade de graxa	45 g	34 g	50%	0,72	94,6

ANEXO 2

Folha de dados das lâmpadas utilizados no presente estudo.

LANÇAMENTO

LED Tube Nano





Dimensões		
	B	C
10W	Ø28mm	604mm
18W	Ø28mm	1214mm

Código	Potência	Substitui	Temperatura de Cor	Fluxo Luminoso	Código de Barras	Caixa
10600	10W	T8 60cm	6.500K	900lm	7899710006951	10/30 unid.
10602	18W	T8 120cm	6.500K	1.850lm	7899710006958	10/30 unid.

 **MULTIUSO**
100-240V

 **VIDA ÚTIL**
25.000h

 **BASE** G13
T8

 **ÂNGULO DE** 220°
ABERTURA

LANÇAMENTO

PRO G2

Projetores



Dimensões			
	A	B	C
10W	126mm	119mm	40mm
20W	179mm	142mm	48mm
30W	223mm	190mm	56mm
50W	283mm	250mm	65mm
80W	340mm	287mm	72mm
100W	340mm	287mm	72mm
150W	318mm	325mm	72mm
200W	351mm	352mm	76mm

Código	Potência	Temp. de Cor	Fluxo Luminoso	Código de Barras	Caixa
10363	10W	3.000K	800lm	7899710008051	20 unid.
10364	10W	6.500K	800lm	7899710008078	20 unid.
10365	20W	3.000K	1.600lm	7899710008085	15 unid.
10366	20W	6.500K	1.600lm	7899710008092	15 unid.
10367	30W	3.000K	2.400lm	7899710008108	10 unid.
10368	30W	6.500K	2.400lm	7899710008115	10 unid.
10369	50W	3.000K	4.000lm	7899710008122	6 unid.
10370	50W	6.500K	4.000lm	7899710008139	6 unid.
10371	80W	6.500K	6.400lm	7899710008146	3 unid.
10372	100W	6.500K	8.000lm	7899710008153	3 unid.
10373	150W	6.500K	12.000lm	7899710008160	2 unid.
10374	200W	6.500K	16.000lm	7899710008177	2 unid.

