
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

Diego Medeiros Silva

**ANÁLISE QUALITATIVA DE MEDIDAS PARA
REDUÇÃO DE CUSTOS INDUSTRIAIS
COM ENERGIA ELÉTRICA**

Orientador: Prof. Me Enzo Barberio Mariano

São Carlos

2012

Diego Medeiros Silva

**ANÁLISE QUALITATIVA DE MEDIDAS PARA
REDUÇÃO DE CUSTOS INDUSTRIAIS
COM ENERGIA ELÉTRICA**

Monografia apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo (USP) como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Me. Enzo Barberio Mariano

São Carlos

2012

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E
PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

S586a Silva, Diego Medeiros
Análise qualitativa de medidas para redução de custos
industriais com energia elétrica. / Diego Medeiros Silva
; orientador Enzo Barberio Mariano. -- São Carlos, 2012.

Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) --
Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade
de São Paulo, 2012.

1. Redução de custos. 2. Eficiência energética. 3.
Adequação tarifária. 4. Gestão energética. 5. Fator
potência. I. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Diego Medeiros Silva

Título: "Análise Qualitativa de Medidas para Redução de Custos Industriais com Energia Elétrica"

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado
em 25/06/2012,

com NOTA 80 (oitenta, zero), pela comissão julgadora:


Prof. M.Sc. Enzo Barberio Mariano (Orientador) - EESC/USP


Profa Associada Daisy Aparecida do Nascimento Ribelatto - EESC/USP


Prof. Dr. José Carlos Felizatti - EESC/USP


Prof. Associado Homero Schiabel
Coordenador da CoC-Engenharia Elétrica
EESC/USP

Dedicatória

Dedico este trabalho a meus pais, Elciene e Giovanni, pela oportunidade única que me proporcionaram, pelos conselhos e sermões que ajudaram a formar meu caráter e que levarei comigo por toda a vida.

Essa imensa conquista é mais um passo no caminho de sucesso que tento trilhar, sempre tentando retribuir todo carinho e apoio que me proveram durante minha criação e principalmente durante meus estudos.

Agradecimento

Agradeço ao meu professor orientador Enzo Mariano, que ajudou bastante nesse trabalho. Sendo sempre muito solícito e, sobretudo, paciente.

Agradeço também a todos colegas de classe e amigos que fiz em São Carlos, em especial aos moradores e ex-moradores da república FZ que com certeza fizeram desses 5 anos de faculdade, os melhores da minha vida.

Resumo

SILVA, D. M. (2012). **Análise qualitativa de medidas para redução de custos industriais com energia elétrica**. Monografia (Graduação) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

Com a crescente concorrência no setor industrial brasileiro, as empresas desse setor necessitam, cada vez mais, criar valor para os produtos ou serviços que oferecem. No sentido de criar valor, isso pode ser feito seja pela diferenciação dos produtos e serviços, seja pela oferta dos mesmos com um preço menor, o que é conseguido por meio da liderança no custo. Dessa forma, a pesquisa qualitativa realizada nesse trabalho apresentou um conjunto de medidas para reduzir os custos industriais, especificamente, com energia elétrica. Para tanto, primariamente foi estudado o conceito de eficiência energética e como esta se relaciona com a gestão de custos da indústria. Após a imersão no universo da eficiência energética, o problema de pesquisa foi abordado em duas frentes de análise: o grupo de medidas administrativas, e o grupo de medidas tecnológicas para redução dos custos com energia elétrica, sendo que o primeiro tratou de temas como tarifas e ajuste do fator de carga, e o segundo abordou temas como a substituição de equipamentos, além do ajuste do fator de potência de uma indústria. No fim do estudo, pôde-se constatar que existem outras oportunidades de se reduzir custos com energia elétrica, que não foram abordadas no presente trabalho, pois se referem a setores industriais específicos.

Palavras-chave: redução de custos, eficiência energética, adequação tarifária, gestão energética, fator de potência.

Abstract

SILVA, D. M. (2012). **Qualitative analysis of actions to reduce electricity costs on factories**. Monograph (Graduation) – Engineering School of São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2012.

With increasing competition in Brazilian industrial sector, these companies feel the need to create value for the goods or services they offer. In order to create value, it was shown that this can be done either by differentiating their products or services, either by delivering the same at a lower price, which is achieved through cost leadership. Thus, this research has helped to provide qualitative analysis of measures to reduce costs, in particular, with electric power. To do so, it was primarily studied the concept of energy efficiency and how it relates to industry cost management. After this immersion in the world of energy efficiency, the research problem was broken into two fronts of analysis: the group of administrative actions, and the group of technological actions to reduce electricity costs, where the first dealt with issues such as tariffs and adjusting the load factor for the consumer, and the last addressed issues such as equipment replacement, and adjustment of power factor of an industry. At the end of the study, it was concluded that there are more opportunities to reduce these costs, but they are not present in this text due to the generalization about the type of industry, adopted in this paper.

Keywords: cost reduction, energetic efficiency, appropriate tariff, energy management, power factor.

Lista de siglas, símbolos e abreviaturas

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
AT	Alta Tensão
BRIC	Brasil, Rússia, Índia e China
BT	Baixa Tensão
ELETROBRAS	Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
FC	Fator de Carga
FIRJAN	Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
FP	Fator de potência
FS	Fora de ponta Seco
FU	Fora de ponta Úmido
GD	Geração distribuída
HFP	Horário Fora de Ponta
HP	Horário de Ponta
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MT	Média Tensão
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PS	Horário de ponta Seco
PU	Horário de ponta Úmido
SGE	Sistema de Gestão de Energia
TFP	Tarifa Fora de Ponta
THS	Tarifa Horo-Sazonal
TP	Tarifa de Ponta

Lista de Figuras

FIGURA 1 – TARIFA MÉDIA DE ENERGIA ELÉTRICA INDUSTRIAL NOS PAÍSES DO BRIC (R\$/MWh).....	16
FIGURA 2 – UTILIZAÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL	16
FIGURA 3 – CURVA DE CARGA EXEMPLO DE INDÚSTRIA COM DESTAQUE PARA O HP	25
FIGURA 4 – MODELO ESQUEMÁTICO DE UM SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA	35
FIGURA 5 – AR CONDICIONADO DO TIPO SPLIT	38
FIGURA 6 – UTILIZAÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA NA INDÚSTRIA	39

Lista de Tabelas

TABELA 1 – REGRAS PARA ENQUADRAMENTO TARIFÁRIO	28
TABELA 2 – EXEMPLO DE TARIFAS PARA O SUBGRUPO A4	29
TABELA 3 – EXEMPLO DE TARIFAS DE ULTRAPASSAGEM.....	31
TABELA 4 – CASO DE EXEMPLO DO IMPACTO DAS TARIFAS DE ULTRAPASSAGEM.....	31

Sumário

LISTA DE TABELAS.....	11
1. INTRODUÇÃO	15
1.1. JUSTIFICATIVA	16
1.2. OBJETIVO.....	17
1.3. MÉTODO	17
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	18
2. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	19
2.1. O QUE É EFICIÊNCIA ENERGÉTICA?.....	19
2.2. MEDIDAS ADMINISTRATIVAS PARA A REDUÇÃO DE CUSTOS COM ENERGIA ELÉTRICA.....	21
2.3. MEDIDAS TECNOLÓGICAS PARA A REDUÇÃO DE CUSTOS COM ENERGIA ELÉTRICA.....	21
3. OPORTUNIDADES NO PILAR ADMINISTRATIVO	23
3.1. CONCEITOS BÁSICOS.....	23
3.2. RACIONALIZAÇÃO DE TARIFAS	25
3.2.1. ADEQUAÇÃO TARIFÁRIA	27
3.2.2. TARIFAS DE ULTRAPASSAGEM	30
3.3. AJUSTE DO FATOR DE CARGA (FC).....	31
3.4. GESTÃO DA ENERGIA.....	33
3.4.1. SGE - SISTEMAS DE GESTÃO DA ENERGIA.....	34
4. OPORTUNIDADES NO PILAR TECNOLÓGICO	37
4.1. SUBSTITUIÇÃO DE EQUIPAMENTOS POR OUTROS MAIS EFICIENTES.....	37
4.1.1. ILUMINAÇÃO.....	37
4.1.2. CLIMATIZAÇÃO.....	38
4.1.3. MOTORES ELÉTRICOS.....	39
4.2. CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA	40
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45

1. Introdução

A concorrência entre as empresas tem aumentado muito nos últimos anos em resultado da globalização e da maior integração dos mercados, e com isso, são necessárias diferentes medidas para que elas possam se manter competitivas nesta nova realidade. As indústrias, em específico, enfrentam concorrência cada vez maior na compra de matérias-primas, insumos e na fabricação e venda de seus produtos. Para sobreviver a esse cenário, é necessário que a indústria possua uma vantagem competitiva, assumindo assim uma estratégia determinante para seu sucesso. Segundo Porter (1989), existem dois tipos básicos de vantagem competitiva que criam valor para o cliente: a liderança no custo e a diferenciação. Ressalta-se que valor é aquilo pelo que os compradores estão dispostos a pagar por um bem ou serviço, sendo que um valor superior provém ou de benefícios únicos que diferenciam seu produto ou serviço da concorrência, ou da oferta de preços mais baixos por benefícios equivalentes (PORTER, 1989).

Cabe destacar que as medidas qualitativas para redução dos custos de energia elétrica apresentadas neste trabalho podem direta ou indiretamente criar valor para o cliente por meio da diferenciação; entretanto, este tema não foi abordado nesta pesquisa, sendo tratada apenas a criação de valor através da redução dos custos.

Antes de iniciar a descrição das medidas propostas para redução de custos na indústria, é conveniente esclarecer alguns conceitos básicos da Contabilidade de Custos. Para Martins (1996), gasto é caracterizado como um sacrifício financeiro que a indústria arca para obter o produto final, sendo realizado no momento da entrega ou da promessa de entrega de ativos. Despesa é todo bem ou serviço consumido direta ou indiretamente para obtenção de receita; já custo é o gasto relativo a um bem ou serviço utilizado na produção de outros bens ou serviços. Ou seja, custo é um gasto que só é reconhecido como tal no momento da utilização dos fatores de produção (bens e serviços) para a fabricação de um produto.

A energia elétrica, por exemplo, ao ser usada na fabricação de um item qualquer, é um gasto que passa imediatamente para custo, assim que esse item é produzido (MARTINS, 1996). Diante disso, e levando-se em conta que a tarifa média de energia elétrica que as indústrias brasileiras pagam é uma das maiores do mundo (FIRJAN, 2011), pode-se assumir que a redução dos custos totais da energia elétrica de uma indústria vem a ser um caminho para gerar uma vantagem competitiva, podendo ser

interessante do ponto de vista da competitividade das indústrias brasileiras inclusive no mercado externo.

1.1. Justificativa

O setor industrial é fundamental para assegurar o desenvolvimento econômico e social de um país. Por conta disso, naturalmente exige muitos recursos e insumos para manter e continuar expandindo suas atividades. E como não poderia deixar de ser, a eletricidade é um dos esses insumos necessários ao desenvolvimento do setor. Insumo esse, que é fundamental para a atividade, apesar de ser muito custoso, principalmente no mercado brasileiro, como pode ser verificado na Figura 1, que mostra um comparativo entre as tarifas médias de energia elétrica industrial no Brasil e as dos outros países do BRIC (Brasil, Rússia, Índia e China).

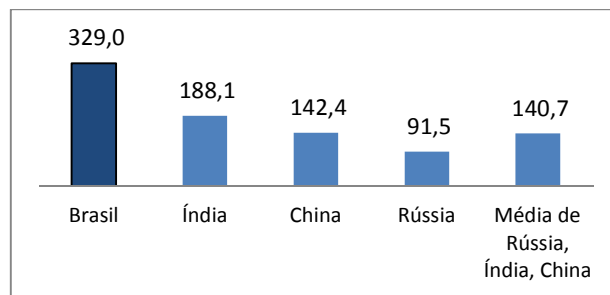


Figura 1 – Tarifa média de energia elétrica industrial nos países do BRIC (R\$/MWh)

Ao se analisar o consumo de energia elétrica no Brasil, percebe-se que, como mostrado na Figura 2, as indústrias são responsáveis por mais de 40% de toda a energia elétrica consumida aqui (BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL, 2011). O que evidencia, portanto, a importância da redução desses custos.

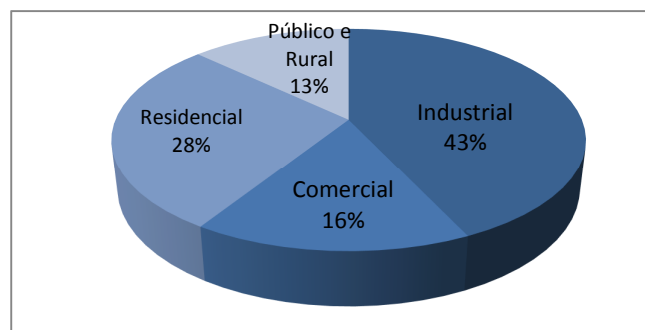


Figura 2 – Utilização da energia elétrica no Brasil

1.2. Objetivo

Tendo-se em vista a importância da energia elétrica para o setor industrial, o objetivo do presente trabalho é **identificar e analisar oportunidades de redução de custos com energia elétrica em indústrias de qualquer setor econômico**. Para que se possa melhor compreender esse objetivo faz-se necessário desmembrá-lo nos seguintes objetivos específicos:

- a) Sistematizar o conceito de eficiência energética e contextualizá-lo à realidade brasileira;
- b) Avaliar qualitativamente medidas administrativas, facilmente implementáveis, que contribuam para a redução dos custos com energia elétrica;
- c) Avaliar qualitativamente ações tecnológicas que demandem reduzidos esforços técnicos e financeiros, que possam impactar na redução dos custos industriais com esse insumo.

1.3. Método

O trabalho realizado nesta pesquisa foi de natureza teórica, objetivando apresentar conhecimentos úteis para qualquer público, sendo, entretanto, mais direcionados para colaboradores de indústrias no Brasil preocupados com redução de custos e questões ambientais.

Para tanto, foi realizada uma pesquisa qualitativa, que consistiu basicamente na revisão bibliográfica (livros, artigos, teses, dissertações, entre outros) visando obter informações sobre custos, consumo de energia no Brasil e no mundo, eficiência energética, normas regulatórias do setor de energia, e tarifação de energia elétrica.

As revisões da literatura apresentaram-se como uma atividade importante para identificar, conhecer e acompanhar o desenvolvimento da pesquisa nessa área do conhecimento.

1.4. Estrutura do trabalho

O presente trabalho foi organizado nos seguintes capítulos:

No capítulo Capítulo 2 é apresentada a visão geral sobre o conceito de eficiência energética e sobre as medidas, tanto no âmbito administrativo como no tecnológico, para redução dos custos com energia elétrica.

No Capítulo 3 são apresentadas as medidas administrativas que podem contribuir com a redução dos custos com energia elétrica, que podem se relacionar com:

- Oportunidades de reduções significativas no desembolso mensal das faturas de energia, através da explanação dos conceitos de: adequação tarifária, fator de carga, tarifa de ultrapassagem, entre outros; e
- Detalhamento sobre a norma ISO 50001 que trata sobre a gestão da energia dentro de uma organização.

No Capítulo 4 são apresentadas as medidas técnicas e tecnológicas que podem ajudar a reduzir os custos de uma indústria com energia elétrica, que se referem aos seguintes itens:

- Substituição de equipamentos instalados por outros energeticamente mais eficientes;
- Apresentação do conceito de fator de potência e como corrigir o mesmo a fim de evitar multas das concessionárias de energia;

No Capítulo 5, por fim, são apresentadas as considerações finais do trabalho.

2. Eficiência energética

O setor energético no Brasil tem passado por grandes mudanças desde meados dos anos noventa, quando foi privatizada a maior parte das distribuidoras de energia elétrica e gás natural, além de uma parte crescente da geração. Ao mesmo tempo, foi iniciada a transição para um novo marco institucional que abriu a geração e a comercialização da eletricidade para a concorrência, criando novas agências reguladoras e medidas de liberalização que mudaram drasticamente a dinâmica do setor (INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2001).

Além dessas mudanças insitucionais, houve uma grande mudança na matriz energética do país, onde a base predominante da expansão da geração elétrica está passando da hidráulica para outras fontes de energia (BEN, 2011).

Os consumidores também têm dado cada vez mais atenção ao tema, principalmente após a crise do “apagão” em 2001. Àquela época a população que era urgente a necessidade pelo uso racional da energia. Somam-se a essa falta de segurança, as altas tarifas de energia elétrica cobradas pela concessionárias e a crescente cultura de sustentabilidade que vem sendo pregada, e tem-se um consumidor final consciente de seu papel de viver em um país energeticamente mais eficiente.

Sendo a indústria o maior consumidor de energia, as vantagens da eficiência energética para esse setor são ainda maiores. Além das questões sociambientais decorrentes do uso da energia, outro fator determinante para a eficiência energética na indústria é o crescimento incessante dos tributos e encargos sobre a energia elétrica, os quais pressionam muito os custos de produção no Brasil. Surge, portanto, a necessidade de projetos de eficiência energética na indústria para reduzir esses custos (GODOI, 2011).

Antes de entrar em maiores detalhes sobre esses projetos, é conveniente consolidar o conceito do que é a eficiência energética, de modo a tornar mais fácil a compreensão das medidas que seguem nos capítulos seguintes.

2.1. O que é eficiência energética?

Eficiência energética é a racionalização do consumo de energia. Compreende ações ou medidas comportamentais, tecnológicas e econômicas, as quais, ao serem realizadas sobre sistemas e processos de conversão/produção, resultam em diminuição

da demanda energética, sem prejuízo da quantidade ou da qualidade dos bens e serviços produzidos (GODOI, 2011).

Na indústria, a eficiência energética apresenta os seguintes objetivos (PANESI, 2006):

- Eficiência no uso final da energia;
- Esclarecimento das implicações socioambientais da energia, com suas externalidades positivas e negativas, e das opções de mitigação dos seus efeitos;
- Gestão das cargas;
- Recuperação de energia;
- Desempenho energético da cadeia de valores;
- Compromisso dos órgãos de marketing, engenharias de projeto/produto e industrial, manutenção, contabilidade e finanças com as medidas de redução do uso de energia;
- Divulgação de informações técnicas e econômicas acerca de tecnologias mais eficientes;
- Mudanças no comportamento de uso da energia;
- Contribuição efetiva da energia na competitividade da indústria;
- **Redução dos custos com energia**

Nota-se que o último objetivo é impactado direta ou indiretamente por quase todos os itens acima, o que permite inferir que este é um importante objetivo da eficiência energética em qualquer setor da economia. Para efeito de segmentação, serão apresentados, a seguir, dois grandes grupos de medidas qualitativas para a redução de custos com energia elétrica: as medidas tecnológicas e as administrativas.

2.2. Medidas administrativas para a redução de custos com energia elétrica

São definidas como medidas administrativas, aquelas que não exigem nenhum investimento em tecnologia por parte do usuário. Em geral, são iniciativas ou ações tomadas pela administração ou gerência da indústria que não demandam recursos financeiros adicionais e que resultam em redução de gastos com energia elétrica.

As medidas administrativas que impactam mais diretamente nesses custos certamente são as de natureza tarifária, dessa forma o capítulo seguinte dará um enfoque especial nessas ações. Entretanto, a redução de custos no pilar administrativo também se apóia em mudanças de hábitos e padrões de uso, que levam à diminuição da utilização de energia, sem qualquer alteração nos sistemas/processos da indústria. Será mostrado que essas medidas de natureza comportamental também podem levar a resultados significativos de ganho de eficiência energética, porém os seus níveis de aplicação e resultados dependem da cultura corporativa (GODOI, 2011).

2.3. Medidas tecnológicas para a redução de custos com energia elétrica

Diferente das medidas administrativas, as tecnológicas demandam um investimento inicial por parte da indústria na atualização de tecnologia existente ou emprego de novos equipamentos que contribuam com a redução de custos industriais com energia elétrica. Como estas exigem recursos financeiros por parte do usuário, é necessária uma detalhada análise do custo-benefício dessas ações. Não esquecendo-se de incluir no grupo de benefícios, outros retornos que se pode ter com essas práticas, como por exemplo o cumprimento de seu papel de responsabilidade sócio-ambiental.

Para entender melhor, medidas tecnológicas são aquelas de mais simples visualização, consistidas, por exemplo, por: (a) atualização tecnológica, com substituição parcial ou total de equipamentos existentes por novos energeticamente mais eficientes, e (b) ajuste do fator de potência da indústria contratante de energia elétrica (SANTOS et al, 2007).

Os próximos dois capítulos buscam analisar oportunidades de ganhos de eficiência energética tanto com oportunidades de economia no pilar administrativo, quanto com oportunidades no pilar tecnológico da indústria.

3. Oportunidades no pilar administrativo

Como adiantado no capítulo anterior, o pilar administrativo para redução de custos engloba as questões que envolvem gestão de faturas, adequação tarifária, adequação do fator de carga, além da política de gestão de energia dentro da indústria. Nesse sentido, fazem parte desse universo de medidas o desenvolvimento de atividades que vão desde os cálculos de adequação tarifária, que são necessários à correta contratação de demandas, passando pelo ajuste do fator de carga, que se refere a “inteligência” de uso da energia dentro da indústria, e chegando até a implantação de um Sistema de Gestão de Energia (SGE) para que a organização possa desenvolver e implementar uma política de energia, estabelecendo objetivos, metas e planos de ação para efficientizar o uso da energia dentro da mesma.

3.1. Conceitos básicos

Antes de detalhar qualquer medida de economia de energia elétrica, se faz necessário o conhecimento da forma com que a energia é consumida e tarifada. Para isso, é sempre importante acompanhar o consumo de energia elétrica, mantendo um registro cuidadoso do consumo. Os dados mensais e históricos periódicos são de grande importância para a execução de qualquer programa de conservação de energia, podendo ser extraídos de sua conta de energia elétrica.

Para entender melhor as medidas propostas em seguida, é conveniente conhecer os seguintes conceitos (SANTOS et al., 2006):

- **Energia ativa** – energia capaz de produzir trabalho. A unidade de medida usada é o quilowatt-hora (kWh)
- **Energia reativa** – energia solicitada por alguns equipamentos elétricos, necessária à manutenção dos fluxos magnéticos e que não produz trabalho. A unidade de medida usada é o quilovolt-ampère reativo-hora (kvarh)
- **Energia aparente** – energia resultante da soma das energias ativa e reativa. É aquela que a concessionária realmente fornece para o consumidor (kVA)
- **Consumo** – quantidade total de energia utilizada pelo consumidor. A unidade de medida é o quilowatt-hora (kWh)
- **Potência** – quantidade de energia solicitada na unidade de tempo. A unidade usada é o quilowatt (kW)

- **Demanda** – potência média, medida por aparelho integrador, apurada durante qualquer intervalo de quinze minutos
- **Demanda contratada** – demanda obrigatória e continuamente colocada à disposição do cliente, por parte da concessionária, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixado em contrato
- **Carga instalada** – soma da potência de todos os aparelhos instalados nas dependências da unidade consumidora que, em qualquer momento, podem utilizar energia elétrica da concessionária
- **Fator de carga** – relação entre a demanda média e a demanda máxima ocorrida no período de tempo definido
- **Fator de potência (FP)** – Relação entre energia ativa e reativa horária, a partir de leituras dos respectivos aparelhos de medição
- **Tarifa de demanda** – valor, em reais, do kW de demanda em determinado segmento horo-sazonal
- **Tarifa de consumo** – valor, em reais, do kWh ou MWh de energia utilizada em determinado segmento horo-sazonal
- **Tarifa de ultrapassagem** – tarifa a ser aplicada ao valor de demanda registrada que supera o valor da demanda contratada, respeitada a tolerância
- **Tarifação horo-sazonal (THS)** – sistema de tarifas que considera os segmentos horo-sazonais para precificar a energia
- **Horário de ponta (HP)** – período definido pela concessionária, composto por três horas consecutivas, compreendidas entre as 18 e 21hs, exceção dos sábados, domingos, terça-feira de Carnaval, sexta-feira da Paixão, Corpus Christi, Finados e demais feriados por lei federal. Nesse intervalo (HP) a energia é mais cara
- **Horário fora de ponta (HFP)** – corresponde às horas complementares às três horas consecutivas que compõem o horário de ponta, acrescidas da totalidade das horas dos sábados e domingos e dos feriados citados. Neste intervalo a energia elétrica é mais barata
- **Curva de carga do sistema** – a curva de carga do sistema elétrico em um dia típico apresenta o perfil mostrado na Figura 3. O horário de ponta representa o período do dia em que o sistema demanda mais carga.

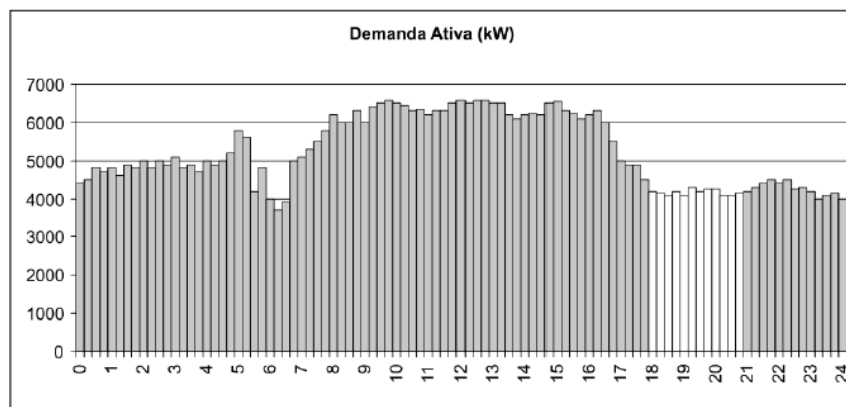


Figura 3 – Curva de carga exemplo de indústria com destaque para o HP

- **Período seco** – período de sete meses consecutivos, compreendendo as leituras de maio a novembro de cada ano
- **Período úmido** – período de cinco meses consecutivos, compreendendo as leituras de dezembro a abril do ano seguinte
- **Segmentos horários e sazonais** – identificados também como “horo-sazonais”, são formados pela composição dos períodos úmido e seco com os horários de ponta e fora de ponta.

Esses conceitos permitem que se identifiquem 4 períodos (horário de ponta seco (PS), horário de ponta úmido (PU), horário fora de ponta seco (FS) e horário fora de ponta úmido (FU)), que foram criados visando compatibilizar a demanda com a oferta de energia. Sendo assim, por meio da sazonalização tarifária (preços mais elevados nos períodos secos, e mais baixos nos períodos úmidos), o custo da energia se comporta conforme a lei da oferta e procura.

3.2. Racionalização de Tarifas

Segundo Lopes (2002), o custo da energia elétrica para o consumidor irá depender de uma série de fatores. Além dos equipamentos e suas condições operacionais, a forma de contratação da energia poderá causar enormes diferenças de preços entre plantas semelhantes.

Os consumidores cativos de eletricidade são regulados por legislação específica, estabelecida pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), notadamente a Resolução nº 456, os quais estão sujeitos a tarifas de energia. O preço a que esses

consumidores estão sujeitos dependerá da tensão a que estiverem ligados: se baixa ou alta. Mesmo enquadrados em uma dessas classes de tensão, eles pagarão por sua energia um preço médio, que dependerá de alguns fatores, detalhados a seguir.

No setor elétrico, é considerado consumidor de baixa tensão (BT), aquele que está ligado em tensão inferior a 2.300V e de alta tensão (AT) aquele ligado em tensão superior a 2.300V. Como o objeto de análise nessa pesquisa é o setor industrial, serão detalhados apenas os aspectos que concernem os consumidores de alta tensão.

Na alta tensão (AT), diferente da baixa tensão, a tarifa aplicada não é função apenas do consumo, cobra-se também a demanda (kW) contratada ou a medida (a que for maior) mais o ICMS.

Na AT, clientes estão sujeitos às tarifas do grupo A, sendo que os subgrupos não dependem das classes, e sim do nível de tensão. Deste modo, são constituídos os seguintes subgrupos (LOPES, 2002):

- A1 – 230 kV ou mais;
- A2 – 88 kV a 138 kV;
- A3 – 69 kV;
- A3a – 30 kV a 44 kV;
- A4 – 2,3 kV a 25 kV; e
- AS – subterrâneo.

No setor elétrico, é usual dizer que os consumidores dos subgrupos AS, A4 e A3a estão ligados em média tensão (MT). No caso do atendimento em AT, o preço médio da energia elétrica não será igual às tarifas. Ele irá variar conforme o fator de carga. São oferecidas neste tipo de atendimento duas modalidades tarifárias: a convencional e a horo-sazonal. Na modalidade convencional, as tarifas independem dos horários de ponta e fora de ponta, bem como dos períodos seco e úmido. Na modalidade horo-sazonal, existem dois tipos de tarifa: azul e verde (somente para a MT). As tarifas de demanda são diferenciadas conforme os horários (HP e HFP) no caso da azul, ao passo que as de consumo (energia) são diferenciadas conforme os horários e períodos (PS, PU, FS e FU).

Agora que já foram clarificados os conceitos básicos e já foi feita essa breve introdução sobre tarifação de energia elétrica, serão apresentados dois novos conceitos,

que quando não tratados com atenção por parte da indústria, são fontes de gastos desnecessários com energia elétrica: adequação tarifária e fator de carga.

3.2.1. Adequação tarifária

Adequação tarifária é, resumidamente, a contratação da melhor modalidade tarifária, ou seja, aquela que apresenta menor custo médio para o consumidor. Como descrito acima, existem diferentes modalidades de tarifa que um mesmo consumidor pode contratar da concessionária, no entanto, a opção pela mais adequada não parte da fornecedora de energia, e sim do contratante. Por isso é tão importante compreender bem esse conceito, de forma a garantir que se esteja contratando a modalidade menos custosa possível.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) homologa as tarifas de energia por concessionária, após analisar as planilhas de custos apresentadas. Assim, as tarifas variam para cada área de concessão e seus reajustes ocorrem em meses diferentes.

As regras para o enquadramento tarifário estão apresentadas na Tabela 1:

Tabela 1 – Regras para enquadramento tarifário

TIPO DE TARIFA	VALORES A SEREM FATURADOS		
	CONSUMO (kWh)	DEMANDA (kW)	ULTRAPASSAGEM DE DEMANDA
CONVENCIONAL Aplicada como opção para consumidores com demanda menor que 300 kW. A demanda contratada mínima é de 30kW. <i>Ver observação 1.</i>	Total registrado x Preço único	Maior valor entre: -a medida ou -a contratada x Preço único Exceção <i>Ver observação 2.</i>	Aplicável quando a demanda medida superar a contratada de 10%
VERDE Aplicada como opção para consumidores da MT. <i>Ver observação 3.</i>	Total registrado no HFP x Preços HFP para períodos seco e úmido + Total registrado no HP x Preços HP para períodos seco e úmido	Maior valor entre: -a medida ou -a contratada x Preço único Exceção <i>Ver observação 2.</i>	Aplicável quando a demanda medida superar a contratada de 10%
AZUL Aplicada de forma compulsória para clientes com demanda maior ou igual a 300 kW e opcional para aqueles com demanda entre 30 e 299 kW. <i>Ver observação 3.</i>	Total registrado no HFP x Preços HFP para períodos seco e úmido + Total registrado no HP x Preços HP para períodos seco e úmido	Maior valor entre: -a medida ou -a contratada x Preços diferenciados para HFP e HP Exceção <i>Ver observação 2.</i>	Aplicável quando a demanda medida superar a contratada de 10% na MT e 5% na AT, nos respectivos horários

Fonte: (LOPES, 2002)

- **Observação 1:** Se uma unidade consumidora enquadrada na THS apresentar nove registros de demanda medida menor que 300 kW nos últimos onze ciclos de faturamento, poderá optar por retornar para a convencional.
- **Observação 2:** Quando a unidade consumidora for classificada como rural ou reconhecida como sazonal, a demanda a ser faturada será:
Tarifa convencional: a demanda medida no ciclo de faturamento ou 10% da maior demanda medida em qualquer dos onze ciclos completos de faturamento anteriores;

Tarifa horo-sazonal: a demanda medida no ciclo de faturamento ou 10% da demanda contratada. A cada doze meses, a partir da data da assinatura do contrato de fornecimento, deverá ser verificada por segmento horário, a demanda medida não inferior à contratada em pelo menos três ciclos completos de faturamento. Caso contrário, a concessionária poderá cobrar, complementarmente, na fatura referente ao décimo segundo ciclo, as diferenças positivas entre as três maiores demandas contratadas e as respectivas demandas medidas.

- **Observação 3:** Se nos últimos onze meses de faturamento apresentar três registros consecutivos ou seis alternados de demandas medidas maiores ou iguais a 300 kW, o cliente será enquadrado compulsoriamente na tarifa horo-sazonal azul, mas poderá optar pela verde.

É recomendado que toda empresa conheça as tarifas às quais estão sujeitas. Devem-se conhecer todas as tarifas, e não somente aquela à qual a unidade estiver submetida, pois a análise das alternativas tarifárias poderá indicar uma opção melhor. Essas tarifas podem ser obtidas diretamente com a concessionária que o atende ou por meio de pesquisa no site da ANEEL (www.aneel.gov.br), que publica em suas resoluções as tarifas de todas as concessionárias do Brasil (MONTEIRO e ROCHA, 2005).

Como visto anteriormente, os clientes da média tensão estão sujeitos a mais opções de tarifas (azul, verde e convencional). Com o fim de exemplificar um processo de adequação tarifário, a Tabela 2 apresenta as tarifas de uma concessionária para o subgrupo A4 (2,3 a 25 kV).

Tabela 2 – Exemplo de tarifas para o subgrupo A4

TIPO DE TARIFA	DEMANDA		CONSUMO			
	PONTA	FORA DE PONTA	PONTA		FORA DE PONTA	
			SECO	ÚMIDO	SECO	ÚMIDO
AZUL	36,21	11,86	0,20611	0,18886	0,10402	0,09239
VERDE		11,86	0,88255	0,86520	0,10402	0,09239
CONVENCIONAL		22,30		0,15992		

3.2.2. Tarifas de ultrapassagem

A unidade consumidora de energia elétrica trabalha adequadamente quando os valores de demanda de potência registrados, contratados e faturados têm o mesmo valor, ou, pelo menos são próximos, pois dessa maneira se paga por aquilo que realmente necessita.

Para garantir mínimas despesas mensais com faturas, é fundamental a escolha dos valores para as demandas a serem contratadas junto às concessionárias, que devem ser adequados à real necessidade da indústria. Tal procedimento deve ser adotado tanto quando se faz a opção pela estrutura tarifária, como visto anteriormente, quanto na renovação periódica do contrato (SANTOS et al., 2006).

A fixação de valores adequados de contrato é importante por dois pontos em específico da legislação:

- Se a demanda solicitada for inferior à contratada, será faturada a demanda contratada;
- Nos contratos de tarifas horo-sazonais, serão aplicadas as tarifas de ultrapassagem, caso a demanda registrada ultrapasse a contratada em percentuais superiores aos limites estabelecidos.

Dessa forma, caso as demandas contratadas não sejam realmente necessárias ou suficientes para cada segmento horário, haverá uma elevação desnecessária do valor pago por kWh consumido. Seja por excesso de demanda, e se está pagando por ociosidade da demanda contratada, seja por contratação de demanda abaixo do ideal, e assim se pagam as tarifas de ultrapassagem, que são muito mais caras que as tarifas regulares.

Essas tarifas de ultrapassagem podem ser definidas como sendo um tributo aplicável sobre a diferença entre a demanda medida e a contratada, quando a primeira excede em 10% a segunda, no caso da MT, ou 5%, no caso da AT. Seu valor é três vezes superior ao estabelecido para as tarifas regulares (LOPES, 2002). No exemplo, as tarifas são como seguem na Tabela 3:

Tabela 3 – Exemplo de tarifas de ultrapassagem

TIPO DE TARIFA	DEMANDA (R\$/kW)	
	PONTA	FORA DE PONTA
AZUL	108,63	35,57
VERDE		35,58
CONVENCIONAL		66,60

Como um exemplo para ilustrar a questão da ultrapassagem de demanda, considera-se um consumidor atendido em 13,8kV (MT) com 1.000 kW de demanda contratada (a tolerância nesse caso é de 100kW); a Tabela 4 ilustra esse exemplo.

Tabela 4 – Exemplo do impacto das tarifas de ultrapassagem

DEMANDA MEDIDA	PARCELA COM TARIFA NORMAL	PARCELA COM TARIFA DE ULTRAPASSAGEM
1.080 kW	1.080 kW	-
1.120 kW	1.000 kW	120 kW

Observe na Tabela 4 que a demanda de ultrapassagem será toda a parcela da demanda medida que superar a demanda contratada em mais de 10%, e não apenas o que exceder a tolerância. Neste exemplo, considerando que a demanda se refere à de fora da ponta, e usando as tarifas das tabelas 2 e 3, teríamos:

1º exemplo: demanda faturada = $1.080 \times 11,86 = \text{R\$ } 12.808,80$

2º exemplo: demanda faturada = $1.000 \times 11,86 + 120 \times 35,58 = \text{R\$ } 16.129,60$

Isso representa uma diferença monetária de 26%, para uma diferença em kW de apenas 4%.

3.3. Ajuste do fator de carga (FC)

O custo médio da energia elétrica depende muito da forma como ela é utilizada. Os conceitos de adequação tarifária e tarifas de ultrapassagem apresentados nesse trabalho servem para ilustrar isso. A premissa básica de todas essas medidas é a de se tentar reduzir ou mesmo eliminar as ociosidades e ultrapassagens de demanda, de modo a evitar mais custos com energia elétrica. Para avaliar se o consumo de energia está

sendo feito da melhor forma, existem os indicadores de eficiência energética, e um deles, é o chamado fator de carga (SANTOS et al., 2006).

O fator de carga é um índice que varia de 0 (zero) a 1 (um), mostrando a relação entre o consumo de energia e a demanda de potência, dentro de um determinado espaço de tempo. E como dito anteriormente, o custo médio de energia elétrica depende grandemente da forma como ela é utilizada, isso significa que quanto maior for o fator de carga, menor será o custo do kWh consumido. Um fator de carga próximo de 1 indica que as cargas elétricas foram utilizadas racionalmente ao longo do tempo. Por outro lado, um fator de carga baixo indica que houve concentração de consumo de energia elétrica em curto período de tempo, determinando uma demanda elevada desnecessária (SANTOS et al., 2006).

Existem algumas formas de se conseguir um fator de carga mais elevado (SANTOS et al, 2006):

- Programar o uso dos equipamentos;
- Diminuir, sempre que possível, os períodos ociosos de cada equipamento e operá-los de forma não simultânea;
- Não acionar simultaneamente motores que iniciem operação com carga;
- Verificar as condições técnicas de suas instalações e dar a seus equipamentos manutenção periódica; e

Evitar os seguintes desperdícios de energia elétrica:

- Equipamentos funcionando simultaneamente quando poderiam operar em horários distintos;
- Equipamentos funcionando sem produzir em determinados períodos;
- Falta de programação para a utilização de energia elétrica;
- Curtos-circuitos e fugas de energia elétrica.

Para mensurar a economia real de energia que se pode conseguir com esse ajuste, é necessária uma análise detalhada do comportamento do fator de carga no ano e identificar os meses em que este apresentou seu valor máximo. Essa análise permite inferir que nesses meses foi adotada uma sistemática de operação que possibilitou o uso mais racional de energia elétrica. Seria possível, tentar repetir essa sistemática ao longo

dos meses, reduzindo assim, os valores das faturas seguintes. Depois disso, existem dois caminhos para elevar o fator de carga:

- Manter o atual consumo de energia elétrica e reduzir a parcela correspondente à demanda, o que se consegue diversificando o funcionamento das máquinas e realizando cronogramas de modulação.
- Manter a demanda e aumentar o consumo de energia elétrica, o que pode ser realizado aumentando a produção, sem o acréscimo de novos equipamentos, mas ampliando o período de operação. É o caso, por exemplo, de se adicionar mais um turno de trabalho nos períodos de ociosidade de demanda.

Escolhendo-se um desses caminhos e elevando o fator de carga, consquentemente o preço médio pago pela energia elétrica será reduzido. Vale ressaltar que a produção deve acompanhar o crescimento ou a redução de consumo.

Resumindo, o fator de carga representa a relação entre a energia utilizada pela empresa e a energia que a concessionária tinha disponibilizado para o cliente no mesmo período. Em termos percentuais, indica a percentagem que a empresa utilizou da carga que sua distribuidora disponibilizou.

3.4. Gestão da Energia

A racionalização do uso da energia elétrica é uma alternativa de baixo custo - ou nenhum - e de curto prazo de implantação. Em alguns casos, como o presente trabalho mostra, significativas economias podem ser obtidas apenas com mudanças de procedimentos e de hábitos, além de impactar positivamente o meio ambiente. Quando se consideram os aspectos econômicos envolvidos nessa atividade de racionalização, vale destacar a valorização da imagem e da visão estratégica da empresa, visto que atualmente, o mercado está cada vez mais orientado a dar preferência a produtos de empresas comprometidas com ações de proteção ao meio ambiente.

Uma indústria que deseja ter uma estrutura de custos racionalizada e tornar-se mais competitiva, não pode admitir o desperdício usando a energia elétrica de forma ineficiente e irresponsável. É necessário, portanto, incentivar todos os empregados a obter o produto ou serviço com a melhor qualidade possível e o menor consumo de energia possível. O conjunto dessas ações para a racionalização dos gastos com energia

elétrica é chamado de Gestão da Energia, ou Gestão Energética, e serve basicamente para instrumentalizar os responsáveis pelas empresas e por seus setores de energia com ferramentas e conhecimentos que os capacitem a executar medidas que leve ao uso eficiente da energia dentro de suas empresas e que mantenha seus usuários motivados a colaborarem com as ações propostas (MONTEIRO e ROCHA, 2005).

3.4.1. SGE - Sistemas de Gestão da Energia

Publicada em 15 de junho de 2011, a ABNT NBR ISO 50001:2011 – “Sistemas de Gestão da Energia – Requisitos com orientações para uso” tem o objetivo de orientar que as organizações estabeleçam os sistemas e processos necessários para melhorar o desempenho de energia, incluindo eficiência, uso, consumo e intensidade da energia. Almeja-se com essa norma reduções nos custos de energia, nas emissões de gases do efeito estufa e em outros impactos ambientais, por meio da gestão sistemática da energia. Ela é aplicável a todos os tipos e tamanhos de organizações independente de condições geográficas, culturais ou sociais. A implementação bem-sucedida depende do compromisso de todos os níveis e funções da organização, especialmente da Alta Direção (AGÊNCIA BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011).

Esta norma especifica os requisitos de um Sistema de Gestão de Energia (SGE) para uma organização desenvolver e implementar uma política de energia, estabelecer objetivos, metas e planos de ação que considerem os requisitos legais e as informações relativas ao uso significativo de energia. Um sistema de gestão de energia permite que uma organização alcance seus compromissos de política, tome ações conforme necessário para melhorar seu desempenho energético e demonstre a conformidade do sistema com os requisitos da ISO. A aplicação desta norma pode ser adaptada para se ajustar aos requisitos de uma organização – incluindo a complexidade do sistema, grau de documentação e recursos – e se aplica às atividades sob o controle da organização (ABNT, 2011).

A ISO 50001 baseia-se na metodologia de melhoria contínua “*Plan-Do-Check-Act*”, apresentada na Figura 4:

1. **Planejar (*Plan*)** - estabelecer os objetivos e processos necessários para atribuir resultados de acordo com as oportunidades de aprimoramento do desempenho de energia e das políticas da organização;

2. **Fazer (Do)** - implementar os planos de ação do gerenciamento energético;
3. **Verificar (Check)** – monitorar e medir os processos e o produto com base em políticas, objetivos e características principais das suas operações e relatar os resultados.
4. **Agir (Act)** – executar ações para aprimorar continuamente o desempenho de energia e do SGE.

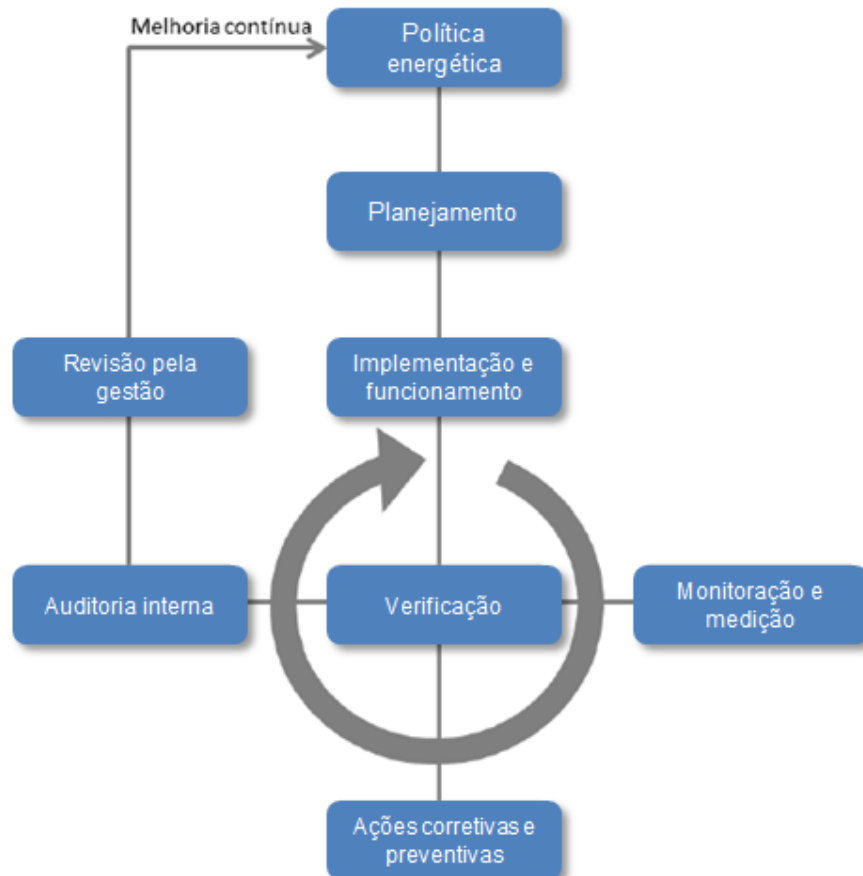


Figura 4 – Modelo esquemático de um Sistema de Gestão de Energia
Fonte: (ABNT, 2011)

Em suma, a certificação na ISO 50001 demonstra que a organização implantou sistemas de gestão energética sustentáveis, aperfeiçoou a base de uso de energia e se comprometeu a melhorar continuamente sua intensidade energética.

4. Oportunidades no pilar tecnológico

O pilar tecnológico engloba as questões que envolvem tanto mudanças de uso e manutenção dos equipamentos da indústria, quanto investimentos em uma atualização técnica/tecnológica ou substituição dos mesmos. Será abordada também nesse capítulo a questão do ajuste do fator de potência, que na indústria é uma fonte recorrente de gastos desnecessários com energia elétrica.

4.1. Substituição de equipamentos por outros mais eficientes

Iniciativas de Eficiência Energética nos setores industrial e comercial, especialmente nos grandes consumidores, apresentam-se como uma alternativa de redução de custos aos empresários. Desde a readequação do sistema de iluminação e climatização, até a substituição dos motores por outros mais eficientes, várias são as possibilidades de eficientização. Abaixo estão destacadas propostas concretas de eficientização de: sistemas de iluminação, sistemas de climatização, motores e compressores.

4.1.1. Iluminação

Existe uma norma da ABNT, a NBR5413, que estabelece os valores de iluminâncias médias mínimas para iluminação artificial em interiores onde se realizem atividades de comércio, indústria, ensino, esporte e outras. A substituição de lâmpadas incandescentes por fluorescentes, de lâmpadas fluorescentes por modelos mais eficientes, de reatores eletromagnéticos por eletrônicos e de luminárias por modelos com refletor em alumínio, aliada à divisão do acionamento da iluminação em ambientes distintos, ao dimensionamento adequado do nível de iluminação de acordo com a atividade executada no posto de trabalho e à instalação de sensores de presença, pode trazer uma significativa redução de custos à empresa, além de uma melhoria na qualidade do produto e no conforto ambiental aos usuários (SANTOS et al., 2007).

É possível citar medidas ainda mais simples, que não tratam da substituição de equipamentos elétricos, mas que fazem uso da iluminação natural durante o dia, como por exemplo, substituição das telhas tradicionais por telhas transparentes, substituição das janelas por outras maiores, utilização de cores claras nas paredes internas, entre

outros. Esses são exemplos de medidas simples e baratas que, quando praticáveis, proporcionam uma economia considerável de energia elétrica com iluminação.

4.1.2. Climatização

Para se ter uma indústria eficiente em termos de energia elétrica, é também necessária a manutenção de um ambiente confortável mediante controle efetivo do calor e da ventilação. Esse ganho de eficiência ocorre principalmente devido à economia proporcionada pela diminuição do uso de equipamentos de climatização energeticamente dispendiosos.

A substituição dos sistemas tradicionais de climatização de ambientes e de refrigeração industrial e comercial, por equipamentos mais eficientes e de menor consumo podem contribuir com a economia de energia elétrica. Como exemplo, pode-se citar a substituição de antigos e ineficientes equipamentos de climatização de ambientes por aparelhos tipo janela e split (vide Figura 5). Apesar de demandarem um pequeno investimento inicial, o uso inteligente desses equipamentos e o dimensionamento adequado do sistema proporcionam redução dos custos com energia elétrica e aumento do conforto térmico no local.



Figura 5 – Ar condicionado do tipo split

Além dessas, existem outras medidas - não relacionadas diretamente a substituição de equipamentos - que minimizam os custos com climatização. São elas (SANTOS et al., 2007):

- Minimizar transmissão de calor através de isolamento nos telhados, forros falsos e paredes

- Minimizar insolação fazendo uso, sempre que possível, de paredes e telhados de cor clara
- Minimizar infiltração de ar e umidade, verificando vedação de portas, janelas e juntas de vedação

4.1.3. Motores elétricos

A participação dos motores elétricos no consumo industrial no Brasil é expressiva, exigindo atenção especial em qualquer programa de conservação de energia elétrica (SOLA e KOVALESKI, 2004). Os tipos de motores elétricos mais utilizados pelas indústrias são os trifásicos e os monofásicos de indução, os síncronos e os de corrente contínua. Existem milhares desses motores em operação no Brasil, com potências nominais que variam de valores inferiores a 1 kW até centenas de kW. Juntos, esses motores de indução consomem quase um quarto de toda energia elétrica gerada no país (SANTOS et al., 2006).

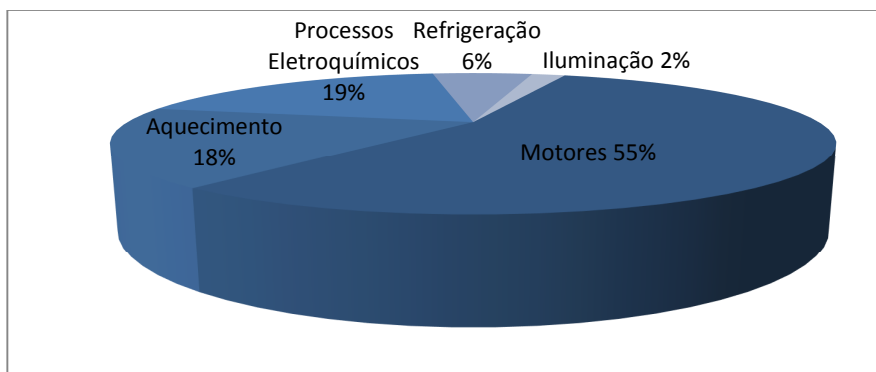


Figura 6 – Utilização da energia elétrica na indústria

É estimado que existam mais de dois milhões de motores desse tipo no Brasil, e que consomem em torno de cem milhões de mega-watt horas. Portanto um aumento de somente 0,5% na eficiência do conjunto motor-carga, é suficiente para “desligar” uma usina virtual de 120MW. No total, isso representa uma economia de duzentos milhões de dólares todos os anos. (SANTOS et al., 2007). A força maior da indústria e também os responsáveis pelo maior consumo de energia, como mostrado na Figura 6, podem ser substituídos por modelos mais eficientes, com alto fator de potência e alto rendimento,

reduzindo assim o consumo de energia elétrica, e consequentemente, os gastos com esses insumo.

4.2. Correção do fator de potência

O fator de potência, assim como o fator de carga, é um índice que demonstra se a utilização da energia é eficiente e se existem possibilidades de melhoria. Vale ressaltar mais uma vez que o conhecimento e o gerenciamento desses índices proporcionam maior eficiência e segurança às instalações e equipamentos, além, claro, da redução do custo com a energia elétrica.

Alguns aparelhos elétricos, como os motores, em um determinado período de tempo, além de consumirem energia ativa, solicitam também energia reativa necessária para criar o fluxo magnético que o seu funcionamento exige. A relação entre estes dois valores é denominada fator de potência médio (FP). Quando o fator de potência é baixo, surge uma série de inconvenientes elétricos para a indústria e para a rede elétrica como um todo.

De acordo com os novos critérios para faturamento, é regulamentada a cobrança desse excedente de energia reativa. O excedente de indutivo ou capacitivo, que ocorre quando o fator de potência indutivo ou capacitivo é inferior ao fator de potência de referência, 0,92, é cobrado utilizando-se as tarifas de fornecimento de energia ativa. Surge então o conceito de energia ativa reprimida, ou seja, a cobrança pela circulação de excedente de reativo no sistema elétrico (ANEEL, 2000).

Quando o fator de potência é inferior ao valor de referência, o total desembolsado por uma indústria a título de ajuste do baixo fator de potência se constituirá em um potencial de economia que poderá ser obtido com a adoção de algumas medidas bastante simples.

Dentre as principais causas de um baixo fator de potência, podemos citar:

- Motores operando em vazio (sem carga mecânica)
- Motores super dimensionados
- Transformadores operando em vazio ou com pequenas cargas
- Transformadores super dimensionados
- Nível de tensão acima da nominal
- Grande quantidade de motores de pequena potência

De modo geral, quando se pretende corrigir o fator de potência de uma instalação surge o problema preliminar de se determinar qual o melhor método a ser adotado. Independente do método adotado, todavia, o fator de potência ideal, tanto para os consumidores como para a concessionária, seria o valor unitário (1,0), que significa inexistência da energia reativa no circuito. Entretanto, esta condição nem sempre é conveniente e, geralmente, não se justifica economicamente. A correção efetuada até o valor de 0,95 é considerada suficiente.

As primeiras medidas que se deve aplicar para correção de baixo fator de potência são aquelas relacionadas às condições operacionais e as características dos equipamentos. Ou seja, dentro do possível, atacar as causas raízes (lista acima) que levam a esse baixo fator de potência.

Outra forma de se realizar a correção do fator de potência é por meio de capacitores estáticos, o que constitui a solução mais prática, e em geral é a mais adotada.

Como o baixo fator de potência se deve geralmente a um elevado valor indutivo da carga, mediante o acoplamento de bancos de capacitores, com uma potência reativa Q contrário ao da carga, se consegue ao máximo anular essa componente indutiva. Por exemplo, o efeito indutivo de motores pode ser anulado com a conexão em paralelo de um capacitor (ou banco) junto ao equipamento, após uma análise criteriosa do caso.

Por fim, com a correção do fator de potência o consumidor aumenta a eficiência energética de sua instalação, reduz a corrente elétrica circulando nos cabos, aumenta a vida útil de seus equipamentos e, além disso, reduz de maneira rápida e eficiente sua conta de energia elétrica.

5. Considerações finais

O presente trabalho abordou o tema dos custos industriais com energia elétrica, evidenciando a necessidade de reduzi-los visto que a concorrência no setor tem sido cada vez mais acirrada e as tarifas de energia elétrica brasileiras são, em geral, mais caras do que em países concorrentes.

Pôde-se concluir que são muitas as oportunidades de redução de custos com energia elétrica em uma indústria no Brasil. Como mostrado, algumas dessas oportunidades exigem um investimento inicial por parte do consumidor - como no caso da substituição de equipamentos -, e outras não, como no caso da adequação tarifária que demanda apenas um breve estudo sobre a regulamentação do setor elétrico.

Vale ressaltar que além dos ganhos econômicos com as medidas apresentadas, boa parte delas refletem na imagem de sustentabilidade e responsabilidade sócio-ambiental da empresa, beneficiando-as duplamente, e indiretamente a toda a sociedade, garantindo o racionamento de importantes fontes de energia por um maior período de tempo.

Por fim, é importante lembrar que ao se generalizar o problema para qualquer tipo de indústria, fica-se impossibilitado de enumerar todas oportunidades de redução de custos específicas de um setor industrial, como por exemplo, a cogeração de energia no setor sucroalcooleiro, ou a utilização de gás natural em indústrias têxteis. Ao tratar das especificidades de cada indústria, pode-se citar ainda, como objetos de pesquisas futuras, a compra de energia elétrica no Mercado Livre de Energia, e a autoprodução de energia, que além de reduzir os custos com energia elétrica, pode tornar-se uma nova fonte de receita das empresas.

6. Referências bibliográficas

AGÊNCIA BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 50001, 2011, (online, <http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=087286>)

ABNT. Vença os desafios da energia com a ISO 50001. São Paulo: ABNT, 2011

ANEEL. Resolução nº456: Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica. Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília, 2000.

ANEEL. Atlas de Energia Elétrica do Brasil. Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília, 2008.

BEN – Balanço Energético Nacional, 2011, (online, <https://ben.epe.gov.br>)

FIRJAN - Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro, 2011, (online, <http://www.firjan.org.br>)

GODOI, J. M. A. Eficiência energética industrial: um modelo de governança de energia para a indústria sob requisitos de sustentabilidade. São Paulo: USP, 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. A Eficiência Energética e o Novo Modelo do Setor Energético. Rio de Janeiro, 2011.

LOPES, J. C. Manual de Tarifação da Energia Elétrica. 2 ed. Rio de Janeiro: PROCEL, 2002.

MARTINS, E. Contabilidade de custos. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1996.

MONTEIRO, M. A. G. ; ROCHA, L. R. R. Gestão energética. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.

PANESI, A. R. Q. Fundamentos da Eficiência Energética (Industrial, Comercial e Residencial). ed. São Paulo: Ensino Profissional, 2006.

PORTER, M. E. Vantagem Competitiva. Rio de Janeiro: Campus, 1989.

SANTOS, A. H. M, et al. Conservação de energia: eficiência energética de instalações e equipamentos. Itajubá: FUPAI, 2006.

SANTOS, A. H. M, et al. Eficiência Energética: Teoria & Prática. Itajubá: FUPAI, 2007.

SOLA, A. V. H. ; KOVALESKI, J. L. Eficiência energética nas indústrias: cenários & oportunidades. Florianópolis: XXIV ENEGEP, 2004.