UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

OURESTE ELIAS BATISTA

REDUÇÃO DO CUSTO DA ENERGIA ELÉTRICA EM
AMBIENTES INDUSTRIAIS POR MEIO DE UMA ESTRATÉGIA
DE BAIXO CUSTO EM GESTÃO ENERGÉTICA

SÃO CARLOS
2013

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.

B333r Batista, Oureste Elias
 Redução do custo da energia elétrica em ambientes industriais por meio de uma estratégia de baixo custo em gestão energética / Oureste Elias Batista ; orientador Rogério Andrade Flauzino. - São Carlos, 2013.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Área de Concentração em Sistemas Dinâmicos -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2013.

1. Gestão energética. 2. Oportunidades no setor elétrico. 3. Gestão do conhecimento. 4. Inteligência empresarial. 5. ISO 50001. II. Título.

OURESTE ELIAS BATISTA

**REDUÇÃO DO CUSTO DA ENERGIA ELÉTRICA EM
AMBIENTES INDUSTRIAIS POR MEIO DE UMA
ESTRATÉGIA DE BAIXO CUSTO EM GESTÃO
ENERGÉTICA¹**

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências, Programa de Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Sistemas Dinâmicos.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Andrade Flauzino

São Carlos
2013

¹ Trata-se da versão corrigida da dissertação. A versão original se encontra disponível na EESC/USP que aloja o Programa de Pós-Graduação de Engenharia Elétrica.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **OURESTE ELIAS BATISTA**.

Título da dissertação: "Redução do custo da energia elétrica em ambientes industriais por meio de uma estratégia de baixo custo em gestão energética".

Data da defesa: 27/02/2013

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. **Rogério Andrade Flauzino (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

Prof. Dr. **José Pissolato Filho**
(Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP)

Prof. Associado **Ivan Nunes da Silva**
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

Resultado:

Aprovado

APROVADO

APROVADO

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Presidente da
Comissão de Pós-Graduação:
Prof. Titular **Denis Vinicius Coury**

EESC/USP
Serviço de Pós-Graduação
Protocolado em 27/02/2013
Assinatura: _____

Dedico este trabalho ao meu pai, que, praticamente, abdicou de sua vida em função da minha e tem sido o maior incentivador nesta minha jornada de aprendizado. Dedico também à Maria José que durante quase toda minha graduação foi como uma mãe para mim, uma guerreira que luta por sua família com determinação sobre-humana.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, ao meu orientador Prof. Dr. Rogério Andrade Flauzino, cujo trabalho traduz o verdadeiro significado de orientador.

Ao Prof. Dr. José Carlos de Melo Vieira Jr. por expandir meus horizontes por meio de sua disciplina: Eficiência Energética.

Aos colaboradores da Elektro Eletricidade e Serviços S.A. por me permitirem vivenciar o mundo corporativo e ser tratado com exemplar respeito durante meu estágio na graduação.

Aos professores Carlos Goldenberg e Diógenes por, de forma direta ou indireta, acompanharem minha trajetória na graduação e contribuírem para a minha evolução pessoal e profissional.

Aos meus amigos, e também engenheiros, Murilo Moraes Soares e Guilherme Serpa Sestito por compartilharem suas experiências e ajudarem a melhorar minha forma de enxergar muitas coisas.

A todos os amigos e pessoas que fizeram da minha vida em São Carlos uma experiência fantástica e me instigaram a viver um pouco mais disto tudo.

“Não são os mais fortes das espécies que sobrevivem, nem os mais inteligentes, mas aqueles que mais se adaptam às mudanças”

Charles R. Darwin

RESUMO

BATISTA, O. E. (2013). *Redução do custo da energia elétrica em ambientes industriais por meio de uma estratégia de baixo custo em gestão energética*. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

A evolução do consumo de energia elétrica, as dificuldades crescentes para atender à demanda, o elevado custo das alternativas de suprimento, o impacto de novas plantas geradoras ao meio ambiente, e a necessidade das empresas inserirem-se em um mundo globalizado e competitivo, requer uso otimizado dos recursos. Muitas empresas, principalmente as pequenas e médias têm dificuldade em conceber a Gestão Energética (GE) como uma prática gerencial com caráter decisivo para as diretrizes do planejamento estratégico. A proposta desta dissertação é apresentar medidas de baixo custo, geralmente desconhecidas, na gestão energética industrial e quantificar seu benefício econômico. Os resultados foram obtidos por meio de um estudo de caso, para o qual foi realizada uma breve auditoria energética em uma indústria que produz caldeiras, levantando dados sobre o perfil energético e o histórico de faturas de energia elétrica para um ciclo de produção (11 meses). A economia mensal resultante superou 45% nas faturas e valor presente maior que R\$ 1.000.000,00 para o montante acumulado em 2 anos, que pode ser tanto investido no *retrofit* das instalações, como aplicado em outros *targets* dados pelo Planejamento Estratégico, contribuindo significativamente para a garantia da competitividade e crescimento dentro do mercado.

Palavras-chaves: gestão energética, oportunidades no setor elétrico, gestão do conhecimento, inteligência empresarial, ISO 50001

ABSTRACT

BATISTA, O. E. (2013). *Reducing the cost of electricity in industrial environments using a low-cost strategy for energy management*. (Master Degree) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

The development of consumption of electric energy, the growing difficulties to meet the demand, the high cost of supply alternatives, the impact of new generating plants to the environment, and the need of the companies enter into a globalized and competitive world requires optimized use of resources. Many companies, especially small and medium-sized find it difficult to conceive of the Energy Management (EM) as a management practice with decisive character for strategic planning guidelines. The purpose of this dissertation is to introduce low-cost measures, generally unknown, in industrial energy management and to quantify its economic benefit. The results were obtained through a case study, which was performed a brief energy audit in an industry that produces boilers, lifting energy profile data and history of electricity bills for one production cycle (11 months). The resulting monthly economy exceeded 45% on bills and present value greater than \$ 1,000,000.00 for the cumulative amount in 2 years, which can be either invested in retrofit installations, as applied in other data targets for strategic planning, contributing significantly to ensuring competitiveness and growth within the market.

Keywords: energy management, opportunities in the electricity sector, knowledge management, business intelligence, ISO 50001

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	IDH (2002) em função do consumo de eletricidade per capita (2001) para 177 países.....	1
Figura 2.1	Consumo de energia elétrica por setor econômico em 2007	8
Figura 2.2	Modelo esquemático para um Sistema de Gestão de Energia	9
Figura 2.3	Custo da energia conservada por setor	10
Figura 2.4	Sistema corporativo de assimilação de conhecimento	19
Figura 2.5	O ciclo da inteligência empresarial	21
Figura 2.6	Sistema de gestão energética empresarial informatizado	23
Figura 2.7	Etapas de uma auditoria energética	24
Figura 2.8	Estrutura de um programa de gestão energética.....	27
Figura 2.9	Curva de carga de um dia útil.....	29
Figura 3.1	Deslocamento de carga.....	42
Figura 3.2	Redução dos Picos.....	43
Figura 3.3	Deslocamento de carga.....	43
Figura 3.4	Preenchimento de vales	44
Figura 3.5	Conservação de energia.....	44
Figura 3.6	Crescimento estratégico.....	45
Figura 3.7	Curva de carga flexível.....	45
Figura 3.8	Redução da Sazonalidade	45
Figura 3.9	Hiperboloide carga-demanda de economia	52
Figura 3.10	Economia mensal normalizada.....	53
Figura 3.11	Hiperboloide carga-demanda de economia	53
Figura 3.12	Economia normalizada mensal no faturamento.....	54
Figura 4.1	Consumo de energia elétrica na indústria em estudo	59
Figura 4.2	Comparativo entre as demanda máxima e média.....	59
Figura 4.3	Comparação entre as demandas registrada e contratada	60
Figura 4.4	Evolução da demanda máxima no processo de redução	62

Figura 4.5	Evolução do custo da energia elétrica.....	62
-------------------	--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Matriz de avaliação da organização.....	16
Tabela 2.2	Elementos de um sistema estratégico de gestão energética.....	25
Tabela 3.1	Estrutura tarifária brasileira	36
Tabela 3.2	Tarifas para área de concessão a CPFL Paulista	52
Tabela 3.3	Benefícios econômicos das medidas de gestão energética.....	55
Tabela 3.4	Montante economizado no período de 2 anos	55
Tabela 4.1	Características da contratação e fornecimento de energia elétrica	58
Tabela 4.2	Resultados da redução por ações técnicas	60
Tabela 4.3	Resultados da redução por ações administrativas	61
Tabela 4.4	Redução no faturamento.....	63

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 1

INTRODUÇÃO À DISSERTAÇÃO

1.1.	INTRODUÇÃO	1
1.2.	JUSTIFICATIVAS E MOTIVAÇÃO DO TEMA.....	2
1.3.	OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO	4
1.4.	ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	5
1.5.	TRABALHOS FRUTO DA DISSERTAÇÃO.....	5

CAPÍTULO 2 7

PRINCIPAIS ASPECTOS RELACIONADOS À GESTÃO ENERGÉTICA EMPRESARIAL

2.1.	INTRODUÇÃO	7
2.2.	PANORAMA BRASILEIRO DA GESTÃO ENERGÉTICA	7
2.3.	A GESTÃO ENERGÉTICA EMPRESARIAL	14
2.4.	A GESTÃO DO CONHECIMENTO NO CONTEXTO DA GESTÃO ENERGÉTICA.....	17
2.5.	SISTEMA DE GESTÃO ENERGÉTICA.....	21
2.5.1.	PROGRAMA DE GESTÃO ENERGÉTICA	26
2.5.2.	CONCEITOS BÁSICOS SOBRE O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	28
2.6.	INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	30
2.6.1.	CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA (CE).....	31
2.6.2.	FATOR DE CARGA DA INSTALAÇÃO (fc).....	31
2.6.3.	CUSTO MÉDIO DE ENERGIA (CME).....	32
2.7.	CONSIDERAÇÕES PARCIAIS À RESPEITO DA REDUÇÃO DO CUSTO DA ENERGIA ELÉTRICA.....	32

CAPÍTULO 3 33

ESTRATÉGIA DE BAIXO CUSTO EM GESTÃO ENERGÉTICA

3.1.	INTRODUÇÃO	33
3.2.	TARIFAÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL	34
3.3.	ANÁLISE DO FATURAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	37
3.4.	REDUÇÃO DO FATURAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA	40

3.4.1.	CRÉDITO DE IMPOSTOS	40
3.4.2.	DESLOCAMENTO DE CARGA DO HORÁRIO DE PONTA.....	42
3.4.3.	AUMENTO DO FATOR DE CARGA	46
3.4.4.	EFICIÊNCIA CONTRATUAL	48

3.5.	AVALIAÇÃO DA ESTRATÉGIA DE REDUÇÃO DO FATURAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	49
------	--	----

CAPÍTULO 4 57

APLICAÇÃO DA ESTRATÉGIA DE BAIXO CUSTO PARA REDUÇÃO DA FATURA DE ENERGIA ELÉTRICA

4.1.	INTRODUÇÃO	57
4.2.	DESCRIÇÃO DO SISTEMA ELÉTRICO SOB ESTUDO.....	57
4.3.	RESULTADO DA REDUÇÃO POR AÇÕES TÉCNICAS.....	59
4.4.	RESULTADO DA REDUÇÃO POR AÇÕES ADMINISTRATIVAS	60
4.5.	RESULTADO DAS AÇÕES TÉCNICAS E ADMINISTRATIVAS EM CONJUNTO.....	61

CAPÍTULO 5 65

CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

5.1.	CONCLUSÕES	65
5.2.	TRABALHOS FUTUROS	66

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 67

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO À DISSERTAÇÃO

1.1. INTRODUÇÃO

O nível de desenvolvimento da sociedade é provido, em grande parte, pela utilização das várias formas de energia, especialmente, a energia elétrica. Esta, por sua vez, tornou-se um insumo fundamental para assegurar o desenvolvimento econômico e social de um país e, como se evidencia na Figura 1.1, está diretamente relacionada aos índices de desenvolvimento humano e econômico (WALTER, 2007).

Figura 1.1 – Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 2011 em função do consumo de energia elétrica per capita em 2010, para 127 países.

Fonte: Human Development Report (2012) e The World Bank Group (2012).

A importância da energia elétrica exige, cada vez mais, a coordenação racional entre o lado da oferta de energia, pelos Sistemas Elétricos de Potência (SEP), e o lado da demanda, pelos consumidores dos segmentos industrial, comercial e residencial, visando a modicidade tarifária, a minimização das perdas e a qualidade do fornecimento (BRASIL, 1997).

No âmbito empresarial, como destacado em Monteiro e Rocha (2005), a otimização do uso de energia elétrica representa uma alternativa para redução nos custos de produção, e a simples mudança de procedimentos e hábitos pode ser responsável por significativas economias. Notoriamente, um sistema produtivo com desperdícios e uso ineficiente de energia compromete o alcance de uma estrutura de custos racionalizada e uma posição competitiva dentro do mercado (WU, 2009).

A inexistência de um sistema corporativo de gestão energética ou, ao menos, um responsável técnico gera um impacto que pode ser enxergado a partir de duas perspectivas: pelo lado da oferta e pelo lado da demanda. Na primeira a ineficiência no uso da energia representa mais perdas ao sistema e o mau dimensionamento da demanda contratada representa déficit de infraestrutura, impactando no setor elétrico com gastos para a preservação e expansão da rede. Na segunda, para uma empresa, a condição não otimizada na contratação do fornecimento de energia elétrica representa faturamento elevado, desperdício de oportunidades, incidência de multas e a consequente elevação do custo agregado ao produto final.

1.2. JUSTIFICATIVAS E MOTIVAÇÃO DO TEMA

A grande motivação para a disseminação de práticas de gestão energética, ainda, é a falta de conhecimento dos consumidores, principalmente industriais de pequeno e médio porte, sobre os aspectos técnicos e comerciais do uso da energia elétrica (YAACOB e ZINA, 1993). Tanto os desperdícios de energia quanto estratégias contratuais para redução do custo da energia são desconhecidos e negligenciados nas diretrizes do planejamento estratégico. Desta forma, a má gestão do conhecimento tem sido uma das grandes causas de falência em empresas nascentes, uma vez que o conhecimento tornou-se o principal fator de produção do século XXI (POLITO, 2011; QUIRINO, 2005).

Em essência, a gestão do conhecimento é um conjunto de atividades que busca desenvolver e controlar todo tipo de informação em uma organização, visando o alcance de

suas metas. Este conjunto de atividades deve ter como principal meta o apoio ao processo decisório em todos os níveis. Para isto, é preciso estabelecer políticas, procedimentos e tecnologias que sejam capazes de coletar, distribuir e utilizar efetivamente o conhecimento, representando fator de mudança no comportamento organizacional (MORESI, 2001).

Este tipo de procedimento é insistentemente ignorado pelos gestores de muitas empresas, remetendo o problema aos âmbitos do sistema educacional brasileiro e do baixo nível de escolaridade dos pequenos e médios empresários, como identificado em Santos (2001). Conforme apresentado em Quirino (2005), esta situação possui elevado grau de impacto no desenvolvimento social e econômico brasileiro, pois baseando-se em dados da Receita Federal, as pequenas empresas representam 98% do total de 4.5 milhões de empresas do Brasil, ocupando 60% da mão-de-obra e gerando 20% do PIB. No entanto, apenas 2% delas têm inserção no mercado internacional, sendo que a capacidade de competir no mercado global está cada vez mais ligada ao valor agregado em conhecimento aos produtos e serviços. No caso brasileiro, especificamente, há quatro grandes entraves para a competitividade das pequenas empresas (CAVALCANTI, 2002):

- 1) A escassez de conhecimento;
- 2) A falta de uma cultura de treinamento;
- 3) A falta de conhecimento sobre tecnologia;
- 4) Uma precária infraestrutura para inovação tecnológica e de conteúdo.

Em Polito (2011) mostra-se que na opinião dos empresários que encerraram as atividades, encontram-se em primeiro lugar entre as causas do fracasso questões relacionadas à falhas gerenciais na condução dos negócios, expressas nas razões: falta de capital de giro (indicando descontrole de fluxo de caixa), problemas financeiros (situação de alto endividamento), ponto inadequado (falhas no planejamento inicial) e falta de conhecimentos gerenciais. Em segundo lugar, predominam as causas econômicas conjunturais, como falta de clientes, maus pagadores e recessão econômica no país, uma vez que a falta de clientes também pressupõe falhas no planejamento inicial da empresa. Outra causa indicada, com 14% de citações, refere-se à falta de crédito bancário.

No novo paradigma técnico-econômico há necessidade de intenso investimento em conhecimento, que por sua vez depende de processos de aprendizado iterativos. Alianças estratégicas permitem o estabelecimento de laços de cooperação que possibilitam às empresas, um maior acesso a informações e conhecimento, proporcionando às empresas a

obtenção de ganhos de escala e escopo ao gerar externalidades positivas, além do acesso a novos mercados (CAVALCANTI, 2002).

O uso eficiente de energia deve ser entendido como uma das estratégias de redução das perdas e de racionalização técnico-econômica dos fatores de produção, cabendo também observar o caráter estratégico e determinante que o suprimento de eletricidade apresenta em todos os processos produtivos. Ainda que representando uma parcela por vezes reduzida dos custos totais, via de regra a energia elétrica não possui outros substitutos, sem a qual os processos não se desenvolvem.

Qualquer que seja a motivação, promover a eficiência energética é essencialmente usar o conhecimento de forma aplicada, empregando conceitos de engenharia, economia e administração aos sistemas energéticos. Contudo, dado à diversidade e complexidade desses sistemas, é essencial o conhecimento de técnicas e métodos para definir objetivos e ações para melhorar o desempenho energético e reduzir as perdas nos processos de transporte, armazenamento e distribuição de energia (MARQUES *et al.*, 2007).

Por isso, muitas vezes a gestão energética empresarial dá enfoque à estratégias para otimização da contratação e do uso de energia elétrica (ZHAO, 2011). Esta otimização pode ser segmentada em dois tipos de ações: técnicas, envolvendo a mudança de hábitos de consumo e aumento da eficiência energética do sistema produtivo, e administrativas, contemplando estratégias inteligentes para a tomada de decisões na contratação do fornecimento de energia elétrica e controle das faturas. A aplicação isolada dos dois tipos de ações tem um impacto econômico menor que a aplicação em conjunto, como será verificado nesta dissertação.

1.3. OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO

O objetivo desta dissertação de mestrado é identificar as principais oportunidades em pequenas e médias empresas na contratação e uso da energia elétrica e evidenciar os ganhos econômicos resultantes de uma política de inteligência empresarial que abrange práticas de gestão energética. Neste sentido, serão levantadas hipóteses mostrando como a gestão do conhecimento pode ser um fator determinante para o sucesso de uma empresa.

As estratégias para identificação das oportunidades serão baseadas na minimização do custo médio da energia elétrica a partir de medidas de baixo investimento, em gestão energética. A partir da formulação do faturamento de energia elétrica no Brasil,

regulamentado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), será desenvolvida uma abordagem analítica, com o intuito de explicitar as oportunidades de redução da fatura e explorar matematicamente este assunto, além do que é encontrado na literatura atual, contribuindo, assim, de forma inovadora para esse tema.

1.4. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos de maneira que o tema seja coerentemente abordado. Assim, após esse primeiro capítulo introdutório, será desenvolvido o Capítulo 2, no qual será dado destaque a importância da Gestão Energética Empresarial no cenário brasileiro ao beneficiar tanto o setor elétrico quanto as empresas. Ainda, neste capítulo serão apresentadas as características de um Sistema de Gestão Energética e seus desdobramentos dentro de uma organização. Para isto, a gestão energética será tratada no âmbito administrativo, discutindo sua relação com a gestão do conhecimento e como parte da gestão do processo produtivo. Serão, ainda, apresentados os conceitos para um gerenciamento estratégico da energia, concebendo um projeto eficiente, eficaz e duradouro.

Dessa forma, procurar-se-á contextualizar o tema abordado para desenvolver no Capítulo 3 a caracterização de medidas de baixo custo para a redução do custo médio da energia elétrica para, principalmente, plantas industriais. Neste capítulo será apresentada a estrutura tarifária brasileira, dando suporte para a posterior análise do faturamento de energia elétrica. Definida a estratégia para redução do faturamento, é conduzida uma avaliação do impacto desta por meio de um caso exemplo.

No Capítulo 4 serão apresentados os resultados da aplicação real do processo de gestão energética proposto em uma indústria do ramo metalúrgico. O perfil energético da empresa será exposto e a partir das informações sobre a operação da cadeia produtiva, do uso e faturamento da energia elétrica será determinado como aplicar cada componente do processo e avaliado seu benefício financeiro. Em função destes resultados, o Capítulo 5 trará as conclusões sobre os impactos da gestão energética empresarial.

1.5. TRABALHOS FRUTO DA DISSERTAÇÃO

O trabalho desenvolvido nesta dissertação é continuação da pesquisa realizada durante a graduação. O início do mestrado deu-se em março de 2012, marcando o começo da atualizada da revisão bibliográfica e escrita do texto para qualificação. Ao longo da pesquisa

três artigos, com resultados preliminares, foram aceitos em congressos e dois projetos de extensão foram aprovados. Em dezembro de 2012, a pesquisa foi concluída, compreendendo aproximadamente 10 meses, com o término da dissertação e aprovação para publicação de um artigo em revista com conceito Qualis Capes. A relevância do tema e sua atualidade proporcionaram a aceitação dos seguintes artigos:

- ❖ Batista, O. E.; Flauzino, R. A. Medidas de Gestão Energética de baixo custo como estratégia para redução de custos com energia elétrica. Revista GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas (Online), 2013.
- ❖ Batista, O. E.; Flauzino, R. A; Moraes, L. A; Soares, M. M. Gestão energética empresarial e suas potencialidades no setor elétrico brasileiro. XIX Congresso Brasileiro de Automática (CBA). Campina Grande, 2012.
- ❖ Batista, O. E.; Flauzino, R. A; Moraes, L. A; Soares, M. M. A Gestão energética empresarial e sua relevância dentro do sistema de gestão da produção. XXXII Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia de Produção (ENEGEP). Bento Gonçalves, 2012.
- ❖ Batista, O. E.; Flauzino, R. A; Moraes, L. A; Soares, M. M. A potencialidade da gestão energética dentro do sistema de gestão da produção. XIX Simpósio de Engenharia de Produção (SIMPEP). Bauru, 2012.

Projetos de extensão conduzidos na USP de São Carlos:

- ❖ Avaliação do consumo de energia do Campus USP de São Carlos e definição de ações para o aprimoramento da gestão energética. Escola de Engenharia de São Carlos. Pró-Reitoria de Graduação da USP. Projeto Aprender com Cultura e Extensão, 2012.
- ❖ Avaliação do consumo de energia do Campus USP de São Carlos e definição de ações para o aprimoramento da gestão energética. Escola de Engenharia de São Carlos. Pró-Reitoria de Graduação da USP. Projeto Ensinar com Pesquisa, 2012-2013.

CAPÍTULO 2

PRINCIPAIS ASPECTOS RELACIONADOS À GESTÃO ENERGÉTICA EMPRESARIAL

2.1. INTRODUÇÃO

No âmbito empresarial, o uso consciente de energia elétrica faz parte do conjunto de estratégias responsáveis pela redução de perdas e racionalização técnico-econômica dos fatores de produção, ressaltando, ainda, o caráter estratégico e determinante que o suprimento de eletricidade apresenta na cadeia de processos produtivos e administrativos (YAN-FU e YE, 2006). O papel da gestão energética, neste cenário, é promover a eficiência energética, integrando a aplicação de conceitos de engenharia, economia e administração aos sistemas energéticos.

Objetivando a difusão das práticas de gestão e conservação energética, novos requisitos legais relacionados à energia, soluções tecnológicas, métodos inovadores, requisitos de práticas e competência estão sendo introduzidos no mercado global. Verifica-se uma mobilização expressiva por diferentes partes interessadas, como governos, indústria, produtores de energia, prestadores de serviços, pesquisadores, organismos de normatização e organizações ambientais e de consumidores (IEEE, 1996; RANKY, 2012).

2.2. PANORAMA BRASILEIRO DA GESTÃO ENERGÉTICA

Um grande desafio na gestão energética é promover a mobilização popular para o uso responsável e eficiente de energia elétrica, por isso, em 1985 o Governo Federal, por intermédio do Ministério de Minas e Energia, criou o Procel, cuja Secretária Executiva é

exercida pela Eletrobrás. Em vista da amplitude e importância das ações demandadas, o Procel foi transformado em um Programa de Governo em 1991, maximizando sua abrangência e responsabilidade (SANTOS *et al.*, 2006).

Em resposta a um período marcado por sucessivas crises no abastecimento de energia (a exemplo de 2001) e aos impactos econômicos proporcionados, o Procel generalizou sua atuação, desenvolvendo projetos para as classes de consumo industrial, comercial, residencial, iluminação pública, rural e poder público, a partir dos quais a economia de energia e o combate ao seu desperdício passaram a fazer parte de um grande esforço nacional.

Dentro seus diversos programas, a Eletrobrás, no âmbito do Procel Indústria tem firmado convênios com as Federações das Indústrias dos Estados, para desenvolver o projeto Redução de Perdas de Energia em Sistemas Motrizes. A motivação destas ações vem do fato do setor industrial brasileiro ser responsável por cerca de 24% do consumo de energia elétrica do país, sendo que o consumo nos sistemas motrizes corresponde a 62% destes, representando 29% do consumo total deste insumo no país (PROCEL INDÚSTRIAS, 2011). A Figura 2.1 mostra o perfil de consumo de eletricidade no Brasil para os demais setores econômicos no ano de 2011.

Figura 2.1 – Consumo de energia elétrica por setor econômico em 2011.

Fonte: ANEEL (2012).

A outorga do Selo Procel de Economia de Energia foi responsável por impulsionar a melhoria do rendimento energético de materiais e equipamentos elétricos. Além disto, capacitou tecnologicamente centros de pesquisa e laboratórios, visando à implementação da Lei de Eficiência Energética (BRASIL, 2001) e promoveu projetos

educacionais em conformidade com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Em essência, estas ações visam acabar com o consumo perdulário do Brasil, avaliado em cerca de 20% do consumo total de energia elétrica do país (SANTOS *et al.*, 2006).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em sua competência, publicou em 15 de junho de 2011, a ABNT NBR ISO 50001:2011, Sistemas de Gestão da Energia: Requisitos com orientações para uso, em adoção à norma internacional de mesmo título lançada no mês anterior. O ponto focal desta norma é o denominado Sistema de Gestão de Energia (SGE), para o qual são especificados os requisitos (política de energia, objetivos, metas e planos de ação) legais e as informações relativas ao uso significativo de energia. Por meio da Figura 2.2 se apresenta, esquematicamente, como um SGE deve ser concebido (ABNT, 2011).

Figura 2.2 – Modelo esquemático para um Sistema de Gestão de Energia.

Fonte: ABNT (2010).

Como exposto em ABNT (2011), essa norma tem o objetivo de orientar as organizações a estabelecer os sistemas e processos necessários para melhorar o desempenho energético, incluindo eficiência, uso, consumo e intensidade da energia. Espera-se nortear

ações para redução nos custos de energia e aumento da eficiência energética global das instalações, atuando indiretamente na redução dos impactos ambientais provenientes da expansão da rede elétrica, por meio da gestão sistemática da energia. É ressaltado que a implementação bem sucedida depende do compromisso de todos os níveis e funções da organização, especialmente da direção, o que remonta à dificuldade da gestão do conhecimento em pequenas e médias empresas, destacado na seção 2.4.

Para identificar prioridades de investimentos e avaliar o que já foi realizado no Brasil, em Procel Info (2011a) tem-se a análise de 217 projetos de eficiência energética industrial realizados nos últimos 10 anos. A maioria dos projetos foi viabilizada sob as regras do Programa de Eficiência Energética, sob regulação da ANEEL. Totalizando um montante de R\$ 161 milhões investidos, estes projetos geraram uma economia de 626 GWh, resultando em um custo da energia conservada de 79 R\$/MWh. A Figura 2.3 apresenta o valor médio da energia conservada, por setor. Observa-se que para alguns segmentos o investimento em eficiência energética não é viável. Entretanto, considerando um maior tempo de retorno do capital investido, como 10 anos, os projetos poderão tornar se viáveis.

Figura 2.3 – Custo da energia conservada por setor.

Fonte: Procel Info (2011a)

Como verificado, no Plano Decenal 2007/2016, a estimativa da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) para o custo marginal de expansão do sistema de energia elétrica foi de 138 R\$/MWh, indicando a viabilidade técnico-econômica da gestão energética e o benefício tanto no lado da oferta, por postergar o investimento na expansão da rede, quanto no lado da demanda, ao contribuir na redução custo da energia, além dos efeitos positivos ao meio ambiente pela redução no consumo e suas implicações (PROCEL INFO, 2011a).

Ainda, a viabilidade econômica pode ser alcançada por meio de diferentes programas e fontes de financiamento para a redução dos desperdícios de energia, que têm se estabelecido no Brasil ao longo dos anos e dos quais se destacam:

- ❖ Fundos Setoriais de Ciência e Tecnologia, geridos pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP);
- ❖ Programa de Apoio a Projetos de Eficiência Energética (PROESCO) do Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES);
- ❖ Programas de Eficiência Energética (PEE) e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), desenvolvidos pelas concessionárias do setor elétrico e coordenados pela ANEEL;
- ❖ Iniciativas da ANEEL, da Agência Nacional de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (ANP) e do PROCEL;
- ❖ Iniciativas das associações de classe, como a Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (ABRADEE);
- ❖ Atividades da Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ABESCO);
- ❖ Iniciativas das principais instituições acadêmicas e institutos tecnológicos.

Além disso, tem-se estabelecido uma vasta legislação em prol da conservação de energia, e desta gama legal pode-se citar (PROCEL INFO, 2011b):

➤ **Crise de energia**

- ❖ **Portaria 174 de 25.05.2001** - Constitui a Comissão Interna de Redução do Consumo de Energia;

- ❖ **Medida Provisória 2.147 de 15.05.2001** - Trata da criação da Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica;
- ❖ **Decreto 3.789 de 18.04.2001** - Institui Comissão de Gerenciamento da Racionalização da Oferta e do Consumo de Energia Elétrica;
- ❖ **Decreto 4.145 de 25.02.2002** - Dispõe sobre meta de consumo emergencial;
- ❖ **Resolução CGCE 004 de 22.05.2001** - Estabelece regimes especiais de tarifação, limites de uso e fornecimento de energia elétrica;
- ❖ **Decreto 3.806 de 26.04.2001** - Acrescenta inciso a decreto que trata de medidas emergenciais de racionalização de energia;
- ❖ **Decreto 93.901 de 09.01.1987** - Estabelece critérios para o racionamento de energia elétrica.

➤ **Indicadores de eficiência**

- ❖ **Decreto 19.147 de 14.11.2000** - Dispõe sobre a redução do consumo de energia elétrica em prédios públicos;
- ❖ **Decreto 0-006 de 8.12.1993** - Institui o Selo Verde de Eficiência Energética;
- ❖ **Lei 10.295 de 17.10.2001** - Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia;
- ❖ **Decreto 21.806 de 26.07.2002** - Torna obrigatória a adoção do Caderno de Encargos para Eficiência Energética em prédios públicos;
- ❖ **Portaria 113 de 15.03.2002** - Estabelece meta de consumo para os órgãos públicos;
- ❖ **Decreto 45.643 de 26.01.2001** - Estabelece procedimentos para aquisição de lâmpadas de alto rendimento.

➤ **Linhas de crédito**

- ❖ **Decreto 1.040 de 11.01.1994** - Determina que agentes financeiros oficiais de fomento incluam projetos de conservação e uso racional da energia.

➤ **Prêmios**

- ❖ **Decreto 0-002 de 8.12.1993** - Cria o Prêmio Nacional de Conservação e Uso Racional da Energia.

➤ **Programas de Eficiência Energética**

- ❖ **Portaria 001 de 13.08.1998** - Cria grupo de trabalho para estudar a eficiência energética;
- ❖ **Decreto 99.656 de 26.10.1990** - Cria a Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE);
- ❖ **Decreto 45.765 de 04.05.2001** - Institui o Programa Estadual de Redução e Racionalização do Uso de Energia;
- ❖ **Portaria Interministerial 1.877 de 30.12.1985** - Institui o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica;
- ❖ **Resolução CC-23 de 18.03.2004** - Institui grupo técnico para estudar e propor melhores práticas de projeto e técnicas de gestão de sistemas no uso da energia elétrica;
- ❖ **Resolução CC-64 de 29.09.2005** - Define denominação do grupo técnico do Comitê de Qualidade da Gestão Pública;
- ❖ **Portaria 46 de 07.03.2001** - Cria o Comitê de Acompanhamento das Metas de Conservação de Energia.

➤ **Projetos ANEEL**

- ❖ **Resolução ANEEL 271 de 19.07.2000** - Estabelece critérios de aplicação de recursos no combate ao desperdício de energia e P&D do setor elétrico;
- ❖ **Resolução ANEEL 186 de 23.05.2001** - Altera dispositivos e promove ajustes nos critérios para aplicação de recursos no combate ao desperdício de energia ciclo 2000/2001;
- ❖ **Resolução ANEEL 394 de 17.09.01** - Estabelece critérios para aplicação em projetos de combate ao desperdício de energia elétrica;
- ❖ **Resolução ANEEL 185 de 21.05.2001** - Define as deduções para a obtenção da Receita Operacional Líquida;

- ❖ **Resolução ANEEL 334 de 02.12.1999** - Autoriza o desenvolvimento de projetos que visam à melhoria do fator de carga;
- ❖ **Resolução ANEEL 176 de 28.11.2005** - Estabelece critérios para aplicação de recursos em programas de eficiência energética;
- ❖ **Decreto 3.867 de 16.07.01** - Define onde os recursos de P&D em eficiência energética serão depositados;
- ❖ **Lei 11.456 de 29.03.2007** - Prorroga a aplicação de recursos nos programas de eficiência energética até 2010;
- ❖ **Resolução ANEEL 153 de 18.04.2001** - Estabelece percentual de aplicação de recursos no Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica Ciclo 2000/2001;
- ❖ **Lei 9.991 de 24.07.2000** - Dispõe sobre obrigatoriedade de aplicação de recursos em P&D e eficiência energética;
- ❖ **Projeto de Lei 6164/05** - Prorroga até 2010 a aplicação de recursos em programas de eficiência energética;
- ❖ **Resolução ANEEL 492 de 03.09.2002** - Estabelece critérios para aplicação de recursos em programas de eficiência energética.

2.3. A GESTÃO ENERGÉTICA EMPRESARIAL

A Gestão Energética é um conceito amplo e tem sido definido de diferentes formas, de acordo com o contexto de sua aplicação. A definição de apresentada em Dixon e Tripp (2003) expressa bem a gestão energética do ponto de vista empresarial, ou seja, o uso criterioso e eficaz de energia a fim de maximizar os lucros e aumentar as posições competitivas. Segundo o programa britânico *Action Energy*, a gestão energética é uma aplicação estruturada de uma série de técnicas de gestão que permite a uma organização identificar e implementar ações que reduzam o consumo e custos com energia (*ACTION ENERGY*, 2004).

Neste sentido, a gestão energética realça a importância da energia elétrica como fator de produção, deixando de ser tratada como simples insumo e passando a desempenhar papel diferencial na sobrevivência e sucesso da empresa. A adoção de um sistema de gestão energética indica a existência de uma estrutura administrativa racional e uma preocupação da

empresa em manter sua competitividade, o que dá visibilidade para atrair novos investidores e aumentar sua valorização. Nos estudos apresentados em Wingender e Woodroof (1997) tem-se a conclusão que o anúncio de um projeto relacionado à gestão energética chega a produzir um aumento superior a 20% no valor das ações da empresa (ARAGÃO NETO, 2005).

Em Sola e Kovaleski (2006), discute-se que a gestão energética deve contemplar aspectos de gestão (contratos, sistema tarifário, usos de tecnologias, qualidade, monitoramento, auditoria energética), de estratégia (análise de cenários, integração dos sistemas de gestão de TI e de indicadores ambientais, projetos e análises econômicas) e aspectos voltados às pessoas (nível de qualificação e educação, plano de remuneração e carreira, e reconhecimento profissional). Em Oliveira (2011) aponta-se que o processo de gestão necessita ser sustentado por uma metodologia, dada a baixa efetividade de ações isoladas e descoordenadas na totalidade do sistema energético empresarial. A experiência, ainda, tem demonstrado que ações para redução de consumo e custo de energia baseadas somente em mudanças de equipamentos e processos tem impacto de curto prazo, obrigando as empresas a adotar uma visão mais abrangente para redução de custo a longo prazo (REINDERS, 2004).

Neste contexto, em Aragão Neto (2005) fica evidente a importância do fator humano nos processos de gestão energética. A retenção de novas técnicas e tecnologias passa a ser produto da observação e análise das equipes responsáveis em consonância com o conhecimento básico do restante da empresa. Esta situação remonta ao aspecto da capacitação profissional, exigindo atenção especial. Em Dixon e Tripp (2003) é proposto um modelo para a avaliação do estágio atual da empresa quanto a maturidade do sistema de gestão, baseado em um mapa de construção de competências, representando a necessidade da organização evoluir para a posição de alta capacitação, assumindo uma posição de organização gestora de energia. A avaliação pode revelar situações de precariedade, na qual se demandará grandes esforços e ações específicas, tal como a construção de um programa de treinamento. Esta avaliação pode ser feita utilizando-se, por exemplo, uma matriz de avaliação como a apresentada na Tabela 2.1.

Segundo Russell (2005), a gestão energética seria a combinação de ações diárias de operação e manutenção com ações específicas e implementadas em estágios, impulsionadas por métricas e metas previamente definidas. Empresas comprometidas com qualidade e melhoria contínua seriam propensas à adoção de um sistema de gestão energética, maximizando resultados e disseminando conhecimento pela empresa sobre o uso de energia.

A necessidade de pessoal motivado, cooperativo e talentoso seria exatamente a maior dificuldade (ARAGÃO NETO, 2005).

Tabela 2.1 – Matriz de avaliação da organização

Nível	Política de energia	Organização	Aptidões e Conhecimento	Marketing e Comunicação
4	Política de Energia, plano de ação e suas revisões periódicas têm o comprometimento da diretoria como parte de uma estratégia de negócios e meio ambiente.	Gestão de energia completamente integrada à estrutura de gestão. Delegação clara de responsabilidade sobre o consumo de energia.	Todos os usuários recebem um treinamento específico em energia integrado a outras atividades de desenvolvimento. Workshops facilitam o compartilhamento de conhecimento.	Divulgação da importância da eficiência energética e da performance da gestão energética dentro e fora da organização.
3	Política formal de energia, mas sem comprometimento efetivo da diretoria.	Gestor de energia responsável perante um comitê de energia representando todos os funcionários.	Usuários-chave recebem treinamento periódico e específico. Um treinamento básico de conscientização é oferecido a todos os usuários.	Programa de conscientização do <i>staff</i> e campanhas periódicas de publicidade.
2	Política energética foi definida pela diretoria ou gerência, mas não implantada.	Gestor de Energia existente, se reportando a um comitê informal, sem definição clara de atribuições e autoridade.	Usuários-chave recebem treinamento de conscientização e ocasionalmente um treinamento específico.	Algum treinamento genérico e ocasional do <i>staff</i> .
1	Política energética não formalizada.	Gestão energética é responsabilidade em tempo parcial de alguém com autoridade ou influência limitada.	Usuários-chave ocasionalmente participam de treinamentos de conscientização. Alguma informação é informalmente passada aos usuários de energia.	Contatos informais usados para promover a eficiência energética.
0	Sem política explícita.	Sem gestão energética ou qualquer delegação formal de responsabilidade pelo uso de energia.	Usuários contam somente com seu conhecimento prévio.	Nenhuma promoção de eficiência energética.

Fonte: Aragão Neto, 2005

Como a apresentado em Russell (2005), as abordagens possíveis com relação ao uso de energia em uma empresa são:

- 1) Não fazer nada;
- 2) Comparar preços de insumos (exemplo: gás natural x óleo combustível);
- 3) Implementar ações de operação e manutenção;
- 4) Implementar projetos de investimentos;
- 5) Gestão energética sustentável.

Em Bagla (1995) aborda-se aspectos relevantes da gestão energética no setor industrial indiano, identificando a necessidade da definição de atribuições e responsabilidades:

- ❖ A responsabilidade pela gestão energética é atribuída na maioria das vezes à gerência de engenharia e projetos;
- ❖ As principais atividades desempenhadas estão associadas à adequada manutenção e preservação da unidade fabril;
- ❖ Valorização de sugestões de empregados e treinamentos de curta duração como mecanismos fundamentais para redução do consumo;
- ❖ Importância da comunicação para sucesso da gestão energética.

Os dois últimos pontos permeiam Weigman (2004), e a necessidade de lideranças para eficiência energética recebe a atenção de outros trabalhos, como em Energy Efficiency Office (1993). Este, também preconiza que treinamento e motivação são fatores básicos e devem ser implementados num primeiro estágio de um programa de gestão energética, especialmente pela capacidade de produzir resultados efetivos com baixos custos. Na mesma linha, um gestor de energia terá o papel de introduzir mudanças na organização, e um grande desafio será trabalhar o comportamento e atitudes das pessoas, alinhado, ainda, com a cultura da organização.

Além da redução com custos de energia, Madan (2002) tem-se que outros benefícios advindos de um programa de gestão energética, como segurança na operação dos equipamentos, manutenção melhor programada, e o consequente aumento de confiabilidade e da vida útil. A combinação destes fatores resulta na redução dos custos de produção, e acrescida à redução nos gastos com energia elétrica, promove vantagens competitivas para as empresas. Entretanto, o êxito na gestão energética pressupõe, ainda, que as ações devam ser internalizadas, ou seja, tomadas pela própria empresa e não apenas obedecendo a recomendações de consultores (BROWN & KEY, 2002).

2.4. A GESTÃO DO CONHECIMENTO NO CONTEXTO DA GESTÃO ENERGÉTICA

O setor elétrico apresenta uma rápida dinâmica de mudanças, impondo a constante renovação do conhecimento dentro do sistema de gestão energética. Desta forma a gestão do

conhecimento ou o sistema de gestão do conhecimento deve estar em consonância com o sistema de gestão energética.

A geração de conhecimento em uma organização é composta por uma parcela de desenvolvimento interno e uma parcela de aquisição do ambiente externo. O desenvolvimento interno está relacionado ao sistema produtivo da empresa e remete à rotina de trabalho. Já a parcela de aquisição externa engloba áreas de conhecimento diversas, que podem ter relação direta ou indireta com a cadeia de atividades organizacional. Deste modo, esta parcela tem a peculiaridade de exigir uma visão mais ampla, vislumbrando cenários políticos, governamentais, econômicos, legislativos entre outros; ao passo que a especificidade garante o sucesso no desenvolvimento interno. Evidentemente, os resultados de uma empresa são fruto da combinação consciente destes fatores. Entretanto, a maioria das empresas é formada a partir de um conhecimento específico e amplia-se o seu conhecimento à medida que as necessidades administrativas vão exigindo e mesmo assim atende-se àquelas mais determinantes ao processo principal.

Em Cavalcanti (2002) é relatado que desde a publicação do livro: A Riqueza das Nações em 1776 por Adam Smith, diferentes correntes do pensamento econômico concordam que os fatores básicos de produção são terra, capital, trabalho, matéria-prima e energia. Esta classificação teve um profundo impacto no processo de desenvolvimento da Economia enquanto ciência e marcou o pensamento de gerações de economistas. Embora os trabalhos de Adam Smith sejam os mais reconhecidos, na realidade o primeiro a definir terra, capital e trabalho como os três principais fatores de produção foi o economista francês Jean Baptist Say (1767-1832). No entanto, esta condição tem mudado com tempo, pois em 1998 o relatório da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) apontou que, cerca de 55% da riqueza mundial foi gerada pelo conhecimento. Pela primeira vez o conhecimento superou os fatores tradicionais de produção no processo de criação de riqueza. O relatório destaca, ainda, que a crescente redução dos custos e a facilidade de obtenção da informação apontam, claramente, para um aumento da participação do conhecimento no processo de criação de riqueza para organizações.

A economia do conhecimento desloca o eixo da riqueza e do desenvolvimento de setores industriais tradicionais – intensivos em mão-de-obra, matéria-prima e capital – para setores cujos produtos, processos e serviços agregam tecnologia e conhecimento. Mesmo em setores mais tradicionais, como a agricultura, a indústria de bens de consumo e de capital, a competição é cada vez mais baseada na capacidade de transformar informação em

conhecimento e este último em decisões e ações de negócio. O valor dos produtos e serviços depende, assim, cada vez mais, do percentual de inovação, tecnologia e inteligência a eles incorporados (CAVALCANTI, 2002).

O conhecimento parece ser o fator de produção da nova economia, cuja lógica é diametralmente oposta à lógica do capital, o diferindo de todas as outras *commodities*, pois não segue a teoria da escassez. À medida que a escassez de recursos limita os sistemas de produção, o compartilhamento do conhecimento o torna mais abundante e, conseqüentemente, aumenta o seu valor. Segundo Peter Drucker, considerado o pai da administração moderna, os grandes ganhos de produtividade, na atualidade, advirão das melhorias na gestão do conhecimento.

Para a renovação do conhecimento, em Santos *et al.* (2001) é considerada necessária a vigilância permanente dos ambientes externos, internos e das práticas gerenciais, de modo a garantir que a empresa se transforme num verdadeiro sistema. O modelo apresentado na Figura 2.4 demonstra, de maneira esquemática, o que está envolvido nesse processo.

Figura 2.4 – Sistema corporativo de assimilação de conhecimento.

Fonte: Santos *et al.* (2001)

Moresi (2001) ressalta que em geral, as organizações respondem a desafios internos e externos com graus variados de efetividade. Algumas prosperam, outras perecem, e

as remanescentes se confundem pelos níveis moderados de efetividade. Uma característica importante das que têm esse sucesso é que elas são capazes de identificar e responder adequadamente a mudanças em seus ambientes. Estas mudanças não só incluem as ações específicas de outras organizações, mas mudanças em tecnologia, em sua estrutura interna e em condições sócias e culturais que afetam a organização. Assim, uma organização para prosperar deve ser capaz de descobrir sintomas de ameaças e oportunidades iminentes, além de diagnosticar as causas fundamentais destes sintomas. Ela também tem de aprender com as suas próprias experiências e com as das outras. Isto tudo é obtido não só pela mudança de suas ações, mas também por meio de modificações em suas estruturas internas e em seus procedimentos de processar informação.

Para que uma organização possa acompanhar a dinâmica do ambiente em que está inserida e as necessidades de melhorias em sua estrutura interna, atuando sempre com efetividade, é preciso que tenha um sistema eficiente de inteligência empresarial. Assim, em Moresi (2001), a Inteligência Empresarial ou Inteligência de Negócios é definida como a capacidade de uma empresa capturar, selecionar, analisar e gerenciar as informações relevantes para a gestão do negócio com o objetivo de:

- ❖ Inovar e criar conhecimento;
- ❖ Reduzir riscos na tomada de decisão e evitar surpresas;
- ❖ Direcionar, assertivamente, os planos de negócios e a implementação de ações;
- ❖ Criar oportunidades de negócios;
- ❖ Apoiar o desenvolvimento de produtos/serviços com uma base de informação confiável, eficiente e ágil;
- ❖ Monitorar, analisar e prever, eficientemente, as questões relacionadas ao *core business*;
- ❖ Gerar valor aos negócios.

Figura 2.5 – O ciclo da inteligência empresarial.

Fonte: Moresi (2001)

A inteligência organizacional deve, então, ser entendida como um ciclo contínuo de atividades que incluem o sensoriamento do ambiente, o desenvolvimento de percepções e a criação de significados por intermédio de interpretação, utilizando a memória sobre as experiências passadas e escolhendo ações baseadas nas interpretações desenvolvidas conforme expresso na Figura 2.5.

A inteligência organizacional, como apresentado na Figura 2.5, é sistematizada por meio da monitoração ambiental. Esta tem como meta acompanhar o andamento das mudanças ambientais visando identificar e agir o mais rápido possível às forças que as afetam, seja em forma de oportunidade ou ameaça.

2.5. SISTEMA DE GESTÃO ENERGÉTICA

De forma geral, a Gestão Energética Empresarial pode ser entendida como a otimização da contratação e do uso de energia elétrica, sendo composta, respectivamente por ações administrativas e ações de caráter técnico. As ações técnicas são referentes às medidas de eficiência energética e atuam no sentido da redução do consumo, enquanto as ações administrativas envolvem os aspectos contratuais, mudança de hábitos e procedimentos internos, no intuito de reduzir o custo da energia. Será visto no Capítulo 4 que a aplicação isolada dos dois tipos de ações tem um impacto econômico menor que a aplicação em conjunto. Conforme Marques *et al.* (2007), um sistema de gestão energética empresarial deve compreender:

- ❖ Conhecimento das informações relacionadas aos fluxos de energia ao longo dos processos internos;
- ❖ Acompanhamento dos índices de controle como: consumo de energia, custos específicos, fator de carga e os valores médios, contratados, faturados e registrados de energia;
- ❖ Atuação nos índices com intuito de reduzir o consumo e o custo da energia, através de ações que conduzam para uma utilização racional de energia.

Assim como seu conceito, a aplicação da Gestão Energética não tem dimensão fixa e não é direcionada por uma única metodologia. Desta forma, cada empresa pode ter um sistema particular que atenda às suas necessidades e ao seu perfil energético característico, apresentando processos quase exclusivos em níveis mais baixos do sistema de gestão energética. Dos formatos possíveis, em níveis mais altos, um sistema de gestão eficaz apresentará as seguintes atividades (VAN GORP, 2004a):

- ❖ Modelagem e Previsão: construção de modelos para o consumo de energia elétrica, envolvendo o monitoramento, coleta e tratamento matemático de dados;
- ❖ *Benchmarking*: comparação do consumo de energia de diferentes organizações uma com a outra ou utilizando normas de referência reconhecidas;
- ❖ Análise do consumo e custo da energia: determinação onde, como, quanto e quando a energia é consumida dentro de uma instalação, e verificação da fatura mensal;
- ❖ Medição e verificação: monitoração em tempo real do consumo para acompanhamento dos resultados de medidas de conservação de energia.

Outro aspecto importante é a utilização de sistemas de informação. Este pode desempenhar um papel fundamental na obtenção de dados sobre o uso de energia, tanto antes como depois da realização de mudanças, proporcionando uma maior capacidade de análises e tipos de relatórios necessários para estimar o potencial de economia. Um sistema de gestão energética estratégico ao incluir um sistema de informação terá maior capacidade de gerar economia do que a aplicação isolada de técnicas tradicionais. A combinação entre gerenciamento estratégico de energia e sistemas modernos de informação resulta em um

sistema de gestão energética com alta eficiência e eficácia, conferindo suporte necessário para a estimação do potencial de melhoria do sistema e verificação dos resultados de projetos anteriores. Um sistema de informação dá suporte ao gerenciamento energético estratégico por meio dos seguintes processos (VAN GORP, 2004a):

- ❖ Aquisição de dados sobre a performance atual do perfil energético;
- ❖ Provisão de informação necessária para determinar as metas de melhoria;
- ❖ Geração de relatórios e cálculo de indicadores que caracterizam o estado da performance energética;
- ❖ Comunicação dos resultados para os gestores e participantes do projeto.

A Figura 2.6 apresenta a composição típica de um sistema moderno de informação aplicado no gerenciamento de energia em uma organização. Um microprocessador conectado a dispositivos de medição de energia no interior de cada facilidade da organização (comercial, industrial, subestação e geração), comunicando os dados com o *software* de processamento e dispositivos de comunicação remota. O *software* armazena os dados, os processa como requerido e apresenta relatórios aos usuários (SWORDS *et al.*, 2008).

Figura 2.6 – Sistema de gestão energética empresarial informatizado.

Fonte: Van Gorp (2004b)

Em Marques *et al.* (2007) destaca-se que estas atividades decisivas, entretanto as medidas e ações anteriores a estas destas devem ser estabelecidas de forma planejada e estruturada, com clara definição de metas, responsáveis e efetivos acompanhamentos, se possível no âmbito de um Programa de Gestão Energética, com visibilidade na corporação e com necessária provisão de recursos físicos e humanos. Neste sentido, as auditorias energéticas constituem um instrumento essencial de diagnóstico preliminar e básico, para obter as informações requeridas para a formulação e acompanhamento do programa. De forma geral, a auditoria energética pode ser executada conforme as etapas apresentadas na Figura 2.7.

Figura 2.7 – Etapas de uma auditoria energética.

Fonte: Marques *et al.* (2007)

Em Santos *et al.* (2006) registra-se que o Governo Federal por intermédio do PROCEL lançou um guia técnico intitulado “Gestão Energética”, com o objetivo de incentivar empresas à redução dos seus custos com energia. O modelo proposto nesse guia está fundamentado na Auditoria Energética.

Como amadurecimento no campo de gestão energética, o conhecimento adquirido após milhares de projetos de eficiência energética está direcionando para uma transição da forma tradicional (*one-time “build-and-forget” projects*) para um nível estratégico (acompanhamento ativo durante todo ciclo de vida do projeto). Este novo modelo é

recomendado por organizações internacionais como *Energy Star* (EUA), *Natural Resources Canada* (Canadá) e *Action Energy* (Reino Unido). Uma gestão energética estratégica deve englobar os aspectos apresentados na Tabela 2.2. Apesar de cada empresa apresentar diferenças substanciais e particularidades na forma como desenvolve os projetos, a Tabela 2.2 identifica os principais elementos que são comuns entre sistemas de gestão energética estratégica (COPPINGER, 2010; VAN GORP 2004b).

Tabela 2.2 – Elementos de um sistema estratégico de gestão energética

<i>Elementos</i>	
Comitê Corporativo	Um plano de gerenciamento estratégico efetivo requer um comitê forte para garantir a continuidade dos projetos dentro da organização.
Avaliação da Performance	Envolve o inventário e auditoria energética, determinando o perfil e tendência de uso da energia.
Definição de Metas	Metas de performance energética guiam a tomada de decisões e servem de base para as atividades de medição e monitoramento.
Plano de Ação	O plano de ação confere foco nas atividades e direciona os esforços para as ações corretas.
Conscientização e Motivação	O sucesso do plano de ação depende da motivação e capacidade dos envolvidos em desenvolver as atividades necessárias.
Avaliação do Andamento	A sustentabilidade e garantia de sucesso de longo prazo do plano de ação requer um comitê forte avaliando a performance continuamente.
Estratégia de Comunicação	Uma estratégia de comunicação proporciona o canal para promover esforços na organização para o sistema de gestão energética.
Estratégia de Reconhecimento	A identificação e comunicação das contribuições de todos os participantes proveem uma base sólida para a construção de um gerenciamento estratégico de energia eficaz.

Fonte: Van Gorp (2004b).

2.5.1. PROGRAMA DE GESTÃO ENERGÉTICA

A evolução do consumo de energia, as dificuldades crescentes para se atender ao crescimento da demanda, o custo crescente das alternativas de suprimento, o impacto que novas plantas de oferta de energia causam no meio ambiente, e a necessidade das empresas inserirem-se em um mundo globalizado e competitivo, requer uso otimizado dos recursos (MONTEIRO e ROCHA, 2005).

Em Monteiro e Rocha (2005) retrata-se que na maioria das empresas, a preocupação com a gestão de energia, geralmente, é de caráter pontual, não tem continuidade e fica delegada aos escalões inferiores da organização. Por isso ressalta-se que a implantação de um Programa de Gestão Energética (PGE) deve ser a primeira iniciativa visando a otimização do uso de energia em uma empresa. A importância da implantação do PGE deve-se ao fato de que ações isoladas, por melhores resultados que apresentem, tendem a perder o seu efeito ao longo do tempo.

Um PGE objetiva racionalizar a utilização de energia por meio de orientações, direcionamento e propostas de ação e controle sobre os recursos humanos, materiais e econômicos. Deseja-se otimizar os indicadores globais e específicos da energia necessária à obtenção do mesmo resultado ou produto, conceito diferente de racionamento de energia. O grande desafio na implantação de um PGE é superar os obstáculos existentes nas mudanças de procedimentos, de hábitos e da rotina de trabalho, em virtude da resistência natural à mudança. Desta forma, tem-se que as ações de eficiência energética propostas para as empresas contemplam dois tipos principais de medidas (MONTEIRO e ROCHA, 2005):

- ❖ Medidas que impliquem ações de gestão nas instalações:
 - treinamento de pessoal, com o objetivo de criar um ambiente de conscientização nos colaboradores da empresa;
 - fixação de procedimentos operativos, de manutenção e de engenharia, objetivando a perenidade do programa a ser desenvolvido.
- ❖ Medidas que impliquem ações de atualização tecnológica, com a substituição de equipamentos existentes por outros mais eficientes.

As medidas propostas no primeiro item dão ênfase aos aspectos educacionais e de treinamento, e deverão ter custos significativamente menores do que as medidas propostas no segundo, ainda que seus efeitos somente sejam obtidos no médio/longo prazo. As medidas

propostas no segundo item exigirão a aquisição de equipamentos, podendo, portanto, envolver investimentos elevados, porém com efeitos no curto prazo.

Analisando a experiência internacional, em Monteiro e Rocha (2005) verificou-se que as medidas de educação e de treinamento, tipicamente, resultam em redução do consumo de energia da ordem de 5% após o período de um ano, a partir do início de sua implementação, a um custo inferior a 1% do custo total de um Programa de Gestão Energética global.

No processo de criação de um PGE, inicialmente, deve ser constituída uma Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE), cuja função será estabelecer os principais usos da energia nas instalações da empresa, para definir o programa de treinamento mais adequado. Nesta fase, a empresa poderá contar com a experiência de uma consultoria especializada ou com a assistência do Procel. Após a implantação do PGE, a direção deverá estabelecer metas a serem atingidas ano a ano, efetuando um acompanhamento rigoroso, confrontando os resultados obtidos com as metas previstas, analisando os desvios, propondo medidas corretivas em caso de distorções, e providenciando revisões periódicas e oportunas nas previsões estabelecidas.

Essencialmente, um PGE é constituído de três pilares ou estratégias: diagnóstico energético (levantamento da situação); controle dos índices (análise e acompanhamento dos dados); e comunicação do programa e seus resultados (divulgação), como ilustrado na Figura 2.8. A gestão do programa será responsabilidade permanente da CICE (MONTEIRO e ROCHA, 2005).

Figura 2.8 – Estrutura de um Programa de Gestão Energética.

Fonte: Monteiro e Rocha (2005)

2.5.2. CONCEITOS BÁSICOS SOBRE O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

O gerenciamento energético de uma instalação requer o conhecimento dos sistemas energéticos existentes, da rotina de trabalho, dos mecanismos de aquisição de energia, da experiência dos usuários e técnicos da edificação e noção dos diversos conceitos que envolvem a tratativa dos insumos energéticos, em especial a energia elétrica.

As faturas de energia elétrica, por si só, representam um conjunto de informações preciosas sobre o uso e a contratação da energia, contendo dados capazes de subsidiar uma análise preliminar do desempenho do sistema, assim como a tomada de algumas decisões. Os dados históricos mensais são de grande importância para a execução do diagnóstico e para isto é necessário ter o conhecimento de alguns conceitos (SANTOS *et al.*, 2006):

- ❖ *Energia ativa*: aquela capaz de produzir trabalho. A unidade de medida usada é o quilowatt-hora (kWh);
- ❖ *Energia reativa*: aquela 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*: aquela resultante da soma vetorial das energias ativa e reativa. É a que a concessionária realmente fornece para o Consumidor e sua unidade é o quilovolt-ampère-hora (kVAh);
- ❖ *Potência ativa*: quantidade de energia solicitada na unidade de tempo. A unidade principal usada é o quilowatt (kW);
- ❖ *Demanda*: potência média, medida por aparelho integrador, apurada durante qualquer intervalo de 15 (quinze) minutos;
- ❖ *Demanda contratada*: aquela a ser 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 (kVA);
- ❖ *Fator de carga*: relação entre a demanda média e a demanda máxima ocorrida no período de tempo definido;

- ❖ *Curva de Carga do Sistema*: A curva de carga do sistema elétrico para um dia típico apresenta o perfil mostrado na Figura 2.9;
- ❖ *Fator de potência (fp)*: relação entre energia ativa e reativa horária, a partir de leituras dos respectivos aparelhos de medição;
- ❖ *Tarifação horo-sazonal (THS)*: sistema de tarifas que considera os segmentos horo-sazonais para precificar a energia;
- ❖ *Tarifa de demanda*: valor, em reais, do kW de demanda em determinado segmento horo-sazonal;

Figura 2.9 – Curva de carga de um dia útil.

Fonte: Santos *et al.* (2006)

- ❖ *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 superar o valor da demanda contratada, respeitada a tolerância;
- ❖ *Horário de ponta (HP)*: período definido pela concessionária, composto por três horas consecutivas, compreendidas entre 17 h e 22 h, exceção feita a sábados, domingos, terça-feira de Carnaval, Sexta-Feira da Paixão, Corpus Christi, Finados e demais feriados definidos por lei federal: 1º de janeiro, 21 de abril, 1º de maio, 7 de setembro, 12 de outubro, 15 de novembro e 25 de dezembro. Neste intervalo a energia elétrica é mais cara;

- ❖ *Horário fora de ponta (HPF)*: são as horas complementares às três horas consecutivas que compõem o horário de ponta, acrescidas da totalidade das horas dos sábados e domingos e dos onze feriados indicados acima. Neste intervalo a energia elétrica é mais barata;
- ❖ *Período seco*: período de 7 (sete) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de maio a novembro de cada ano;
- ❖ *Período úmido*: período de 5 (cinco) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de dezembro de um ano a abril do ano seguinte;
- ❖ *Segmentos horários e sazonais*: identificados também como segmentos horosazonais, são formados pela composição dos períodos úmido e seco com os horários de ponta e fora de ponta e determinados conforme abaixo:
 - Horário de ponta em período seco;
 - Horário de ponta em período úmido;
 - Horário fora de ponta em período seco;
 - Horário fora de ponta em período úmido.

Esses períodos foram criados visando compatibilizar a demanda com a oferta de energia. Isto é, por meio da sazonalização tarifária, preços mais elevados e mais baixos nos períodos seco e úmido, respectivamente, mostra-se o custo da energia, conforme a lei de oferta e procura.

2.6. INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

De uma maneira geral, pode-se afirmar que a eficiência energética aumenta quando se consegue realizar um serviço ou produzir um bem com uma quantidade de energia inferior a que era usualmente consumida. Para se quantificar esta melhoria utiliza-se os chamados indicadores de eficiência energética. Dentre os mais comuns e os que apresentam maior utilização, pode-se destacar o consumo específico de energia, o fator de carga e o custo médio da energia.

2.6.1. CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA (CE)

A análise do consumo de energia (kWh) ou da carga instalada (kW) em relação ao produto gerado, serviço prestado ou área ocupada, produz indicadores de desempenho passíveis de comparação à padrões estabelecidos no país e no exterior. Pode-se, dessa forma, projetar padrões muito mais eficientes de consumo de energia elétrica, considerando-se a utilização de produtos e processos de melhor desempenho energético. Para o cálculo do consumo específico de energia (CE), faz-se:

$$CE = \frac{C}{Q} \quad (2.1)$$

sendo C o consumo mensal de energia dado em kWh/mês e Q a quantidade de produto ou serviço produzido no mês pela unidade consumidora.

2.6.2. FATOR DE CARGA DA INSTALAÇÃO (fc)

O fator de carga, que pode ser obtido através dos dados das contas de energia, é um dos indicadores mais importantes de eficiência, pois mostra como a energia está sendo utilizada ao longo do tempo:

$$fc = \frac{D_{med}}{D_{máx}} = \frac{C}{h \cdot D_{máx}} \quad (2.2)$$

sendo fc o fator de carga do mês na ponta e/ou fora de ponta; D_{med} a demanda média no mês na ponta e/ou fora de ponta (kW); C o consumo de energia (kWh) no mês na ponta e fora de ponta; h o número médio de horas no mês, sendo geralmente 66 horas para a ponta, 664 horas para o período fora de ponta e 730 no total; e $D_{máx}$ a demanda de potência registrada máxima no mês na ponta e fora de ponta (kW).

Um fator de carga próximo de 1 indica que energia elétrica foi utilizada uniformemente 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. Desta forma, quanto maior for o fator de carga, menor a demanda máxima registrada e menor será o custo do kWh, considerando um consumo constante.

$$fc = \frac{D_{med}}{D_{máx}} \rightarrow D_{máx} = \frac{D_{med}}{fc} = \frac{C}{h \cdot fc} (kW) \quad (2.3)$$

2.6.3. CUSTO MÉDIO DE ENERGIA (CME)

O custo médio de energia expressa o valor gasto por kWh nas instalações da empresa:

$$CMe = \frac{F \text{ [R\$]}}{C \text{ [kWh]}} \quad (2.4)$$

sendo CMe o custo médio da energia elétrica (R\$/kWh), F o valor total da fatura de energia elétrica (R\$) e C o consumo de energia (kWh) no mês na ponta e fora de ponta.

O custo médio de energia é um indicador importante para tomada de decisões relacionadas à contratação de energia elétrica, e será abordado novamente no Capítulo 3.

2.7. CONSIDERAÇÕES PARCIAIS À RESPEITO DA REDUÇÃO DO CUSTO DA ENERGIA ELÉTRICA

Este capítulo apresentou a importância de uma empresa monitorar os ambientes interno e externo para aprimorar o conhecimento agregado ao negócio. No âmbito da gestão energética, monitorar o ambiente interno significa mapear o perfil energético do sistema produtivo para poder controlar os indicadores de eficiência energética. Monitorar o ambiente externo envolve conhecer a regulação do setor elétrico e acompanhar a suas mudanças para garantir uma contratação otimizada da energia elétrica e sua aquisição ao menor custo. Desta forma, o Capítulo 3 irá apresentar estratégias para minimizar o faturamento de energia elétrica a partir de medidas de gestão energética, que por necessitarem um reduzido investimento podem ser entendidas como oportunidades a serem exploradas por um sistema eficaz de gestão energética.

CAPÍTULO 3

ESTRATÉGIA DE BAIXO CUSTO EM GESTÃO ENERGÉTICA

3.1. INTRODUÇÃO

Em seu trabalho de difundir e conscientizar os diversos tipos de consumidores, o Procel Info afirma que:

O momento é propício para maior dinamismo nas ações de eficiência energética no setor industrial. As iniciativas nacionais para ações de eficiência energética industrial ainda são muito tímidas. Contudo, a existência de metas de eficiência energética no Plano Nacional de Energia 2030 e a iniciativa do Ministério de Minas e Energia em desenvolver uma estratégia nacional de eficiência energética confirmam que esse é o momento para firmar parcerias, reorganizar esforços, estabelecer metas e priorizar recursos (PROCEL INFO, 2011a).

Como apresentado no capítulo anterior, os projetos de eficiência energética necessitam de grandes volumes de investimento e, em alguns setores, esses investimentos superam os necessários para o uso racional da energia. Entretanto, a gestão energética vai além da conservação de energia e busca também estratégias para reduzir o custo da energia, o que não implica necessariamente na redução do consumo. A grande vantagem destas estratégias é a necessidade de volumes diminutos ou até mesmo nulos de investimento, por se tratarem de operações de otimização contratual ou de mudança de hábitos de consumo. A proposta desenvolvida neste trabalho e apresentada a seguir irá evidenciar como a tratativa do

faturamento de energia pode representar um grande diferencial de economia no valor final da fatura de energia.

3.2. TARIFICAÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

O custo da energia elétrica para o consumidor brasileiro sofre influência de inúmeros fatores. Além da dinâmica do mercado de energia elétrica, condições hidrológicas e de operação do sistema, a condição dos equipamentos, os hábitos de consumo e, principalmente, a forma de contratação da energia podem gerar expressivas diferenças de preços entre plantas semelhantes.

A reestruturação do setor elétrico, dentre outras mudanças, proporcionou o surgimento de um novo agente do setor: o consumidor livre, com direito a escolher seu fornecedor de energia. Consumidores com elevada demanda de energia são optantes desta forma de contratação. Os consumidores cativos são regulados por legislação específica, estabelecida pela ANEEL, os quais estão vinculados à concessionária que atende seu endereço e são sujeitos a tarifas de energia (ARAÚJO *et al.*, 2008).

A tarifação de energia elétrica a que estes consumidores estão sujeitos dependerá, principalmente, do nível de tensão a que estiverem conectados, sendo divididos em grupos. No setor elétrico brasileiro, como definido por ANEEL (2012), é considerado consumidor de baixa tensão (BT) aquele que está em tensão nominal igual ou inferior a 1 kV, média tensão (MT) conectado a tensão nominal superior a 1 kV e inferior a 69 kV e de alta tensão (AT) aquele em tensão nominal superior a 69 kV e inferior a 230 kV, ou instalações com tensão nominal igual ou superior a esta quando especificamente definidas pela ANEEL. Além da variação por grupo, o preço da energia pode variar por estado, conforme o as taxas de impostos e entre as concessionárias.

Na BT, os clientes estão sujeitos às tarifas do grupo B. Neste, existem subgrupos que variam de acordo com as classes:

- ❖ Subgrupo B1 – residencial e residencial baixa renda;
- ❖ Subgrupo B2 – rural, cooperativa de eletrificação rural e irrigação;
- ❖ Subgrupo B3 – demais classes;
- ❖ Subgrupo B4 – iluminação pública.

Na MT e AT, a tarifa aplicada não é monômnia, como na baixa tensão, ela possui incidência binomial. Fatura-se o consumo (kWh) registrado e também a demanda (kW) contratada ou a medida (a que for maior), representando a cobrança por utilização da infraestrutura do setor elétrico. Neste nível de tensão, os clientes estão sujeitos às tarifas do grupo A. Neste caso, os subgrupos não dependem das classes, e sim do nível de tensão:

- ❖ Subgrupo A1 – 230 kV ou mais;
- ❖ Subgrupo A2 – 88 kV a 138 kV;
- ❖ Subgrupo A3 – 69 kV;
- ❖ Subgrupo A3a – 30 kV a 44 kV;
- ❖ Subgrupo A4 – 2,3 kV a 25 kV;
- ❖ Subgrupo AS – tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição.

Em Borges e Cremasso (2009) relata-se que, até 1981, a tarifação de energia elétrica considerava apenas dois fatores básicos, a demanda de potência e o consumo de energia. Neste sistema, o cliente não percebia os reflexos da forma de uso da eletricidade, já que não havia diferenciação de preços segundo os horários de utilização durante o dia e períodos do ano. Do ponto de vista tarifário era indiferente usar a energia durante a madrugada ou no final da tarde, assim como no mês de junho ou de dezembro. Por consequência, o perfil da utilização da energia, ao longo destes períodos, refletia exclusivamente os hábitos de consumo e as características próprias de um mercado de uma dada região.

No horário compreendido entre 17 e 22 horas, ocorria uma intensificação do uso da eletricidade, resultante das influências individuais das várias classes de consumo que compõem o mercado, notadamente a industrial, a residencial e a iluminação pública. Esse intervalo de tempo é o período em que o sistema elétrico está mais carregado, atingindo seu valor máximo aproximadamente às 19 horas, com pequena variação de região para região do país.

No novo modelo, para cada subgrupo é estabelecido um grupo de tarifas. Os clientes de média e alta tensão possuem mais opções de tarifas. 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 e AT). As tarifas de demanda são diferenciadas conforme os horários, no caso da azul, ao passo que as de consumo são diferenciadas conforme os horários e períodos do ano.

Existe ainda uma tarifa aplicável sobre a diferença entre a demanda medida e a contratada quando a primeira exceder em 5% a segunda. O valor é três vezes superior ao estabelecido para as tarifas regulares e denomina-se Tarifa de Ultrapassagem. A estrutura tarifária brasileira segue a lógica apresentada na Tabela 3.1 (ANEEL, 2011b; FUGIMOTO e TAHAN, 2009).

Tabela 3.1 – Estrutura Tarifária Brasileira.

Tipo de Tarifa	Valores Faturados		
	Consumo	Demanda	Ultrapassagem de demanda
CONVENCIONAL Aplicada como opção para consumidores com demanda menor que 300 kW. Demanda contratada mínima de 30 kW.	Total registrado x Tarifa única	Maior valor entre: medida ou contratada x Tarifa única	
VERDE Aplicada como opção para consumidores de MT	Total registrado no HFP x Tarifa HFP para períodos seco e úmido. + Total Registrado no HP x Tarifa HP para períodos seco e úmido.	Maior valor entre: medida ou contratada x Tarifa única	Aplicável quando a demanda medida superar a contratada em 5%
AZUL Aplicada de forma compulsória para clientes com demanda maior ou igual a 300 kW e opcional para aqueles com demanda entre 30 a 299 kW.	Total registrado no HFP x Tarifa HFP para períodos seco e úmido. + Total Registrado no HP x Tarifa HP para períodos seco e úmido.	Maior valor entre: medida ou contratada no HFP x Tarifa HFP + Maior valor entre: medida ou contratada no HP x Tarifa HP	

Adaptada de Monteiro e Rocha (2005).

3.3. ANÁLISE DO FATURAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

Em conformidade com as resoluções da ANEEL, o faturamento de energia elétrica é dado a partir das modalidades tarifárias, estando sujeito ao recolhimento de PIS, COFINS e ICMS, explicados a seguir. As modalidades tarifárias praticadas são de três tipos, ou seja, a Modalidade Convencional, a Modalidade Horo-sazonal Verde e a Modalidade Horo-sazonal Azul, como descrito anteriormente. Para cada uma dessas modalidades o faturamento é calculado de forma específica tal como se apresenta por meio de (3.1), (3.2) e (3.3), respectivamente.

$$F = \frac{(TC^C \cdot C + TD^C \cdot D)}{(1 - I)} \quad (3.1)$$

$$F = \frac{(TC_p^V \cdot C_p + TC_f^V \cdot C_f + TD^V \cdot D)}{(1 - I)} \quad (3.2)$$

$$F = \frac{(TC_p^A \cdot C_p + TC_f^A \cdot C_f + TD_p^A \cdot D_p + TD_f^A \cdot D_f)}{(1 - I)} \quad (3.3)$$

$$I = ICMS + PIS + COFINS \quad (3.4)$$

onde F representa o faturamento (R\$); C o consumo de energia registrada (kWh), TC a tarifa de consumo (R\$/kWh); D a demanda de energia faturada (kW); TD a tarifa de consumo (R\$/kW); I os impostos incidentes, PIS o Programa de Integração Social (contribuição social de natureza tributária, devida pelas pessoas jurídicas, com objetivo de financiar o pagamento do seguro-desemprego e do abono para os trabalhadores que ganham até dois salários mínimos), $COFINS$ a Contribuição Social para Financiamento da Seguridade Social (instituída pela Lei Complementar nº 70, de 30 de dezembro de 1991, destinada a financiar as despesas das áreas de Saúde, Previdência e Assistência Social.), e $ICMS$ o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (incidente sobre o fornecimento de energia elétrica foi instituído no âmbito do Estado de São Paulo pela Lei Estadual nº 6.374, de 1º de março de 1989.); p o índice referente ao horário de ponta; f o índice referente ao horário fora de ponta; e C , V e A os índices referentes as modalidades tarifárias convencional, verde e azul, respectivamente.

Inicialmente, deve-se atentar que existem algumas regras associadas ao faturamento para estimular um consumo mais consciente, como expresso em (3.5) e (3.6).

$$D = \max(D_{\max}, D_{\text{con}}) \quad (3.5)$$

$$TD_f < TD_p \text{ e } TC_f < TC_p \quad (3.6)$$

A demanda faturada (D) será a maior entre as demandas contratada (D_{con}) e registrada máxima ($D_{\max}$), penalizando pelo incorreto dimensionamento, pois este representa um déficit para o setor elétrico, que investiu em infraestrutura para assegurar a demanda. As tarifas nos horários de ponta são maiores para estimular o deslocamento do consumo para o horário fora de ponta. Para a simplificação e sem perdas na qualidade da análise, será considerado que o fator de potência do sistema será maior ou igual a 0,92 e não haverá ultrapassagem da demanda contratada.

Do ponto de vista do consumidor, o fator de carga, como definido em (3.7), expressa o grau de utilização da demanda ao longo do horário de trabalho e está diretamente relacionado ao valor da demanda registrada máxima.

$$D_{\max} = \frac{D_{\text{méd}}}{fc} = \frac{C}{h \cdot fc} \quad (3.7)$$

onde h representa as horas na ponta (66 h), fora da ponta (664 h) ou total (730 h), e $D_{\text{méd}}$ a demanda média mensal.

Manipulando as equações (3.1), (3.2) e (3.3), de modo a colocar em evidência o consumo total ou fora de ponta e a demanda fora de ponta, obtêm-se uma nova perspectiva para a formulação do faturamento, do ponto de vista do horário fora de ponta, respectivamente, nas equações (3.8), (3.9) e (3.10).

$$F = \frac{\left(TC^c + \frac{TD^c}{h \cdot fc} \right) \cdot C}{(1 - I)} \quad (3.8)$$

$$F = \frac{\left[TC_f^v + TC_p^v \cdot \frac{C_p}{C_f} + \left(1 + \frac{D_p}{D_f} \right) \cdot \frac{TD^v}{h \cdot fc} \right] \cdot C_f}{(1 - I)} \quad (3.9)$$

$$F = \frac{\left[TC_f^A + TC_p^A \cdot \frac{C_p}{C_f} + \left(TD_f^A + TD_p^A \cdot \frac{D_p}{D_f} \right) \cdot \frac{1}{h_f \cdot fc_f} \right] \cdot C_f}{(1 - I)} \quad (3.10)$$

Além de mostrar a influência do fator de carga, a formulação proposta evidencia outra situação: dada a condição (3.6), o valor da fatura é tão menor, quanto menores forem os fatores C_p/C_f e D_p/D_f , dado que estes fatores se relacionam como em (3.11), por meio do fator de carga.

$$\frac{C_p}{C_f} = \frac{D_p}{D_f} \cdot \frac{fc_p}{fc_f} \cdot \frac{h_p}{h_f} \quad (3.11)$$

A redução destes fatores acontece quando o consumo na ponta (C_p) diminui e/ou o consumo fora de ponta (C_f) aumenta.

O objetivo global desta abordagem é minimizar o faturamento sem alterar o consumo, ou seja, C será constante. Isto implica em não racionar energia ou realizar investimentos para reduzir o consumo, de forma que a demanda média também continue a mesma, sendo a referência para a redução, pois a demanda registrada terá seu limite inferior nesta e a demanda máxima será conduzida para este mínimo à medida que o fator de carga se aproximar de seu máximo, como expresso em (3.12).

$$D_{med} = \frac{C}{h} \rightarrow D_{máx} = \frac{D_{med}}{fc} \quad (3.12)$$

Nesta situação, o faturamento terá seu mínimo nas condições (3.13) e (3.14).

$$\frac{D_p}{D_f} = 0 \Rightarrow \frac{C_p}{C_f} = 0 \quad (3.13)$$

$$fc = 1 \quad (3.14)$$

Sendo o consumo total a soma dos consumos nos horários de ponta e fora da ponta (3.15), a redução pressupõe fazer como em (3.16) e chegar a um novo perfil de consumo, indicado por (3.17).

$$C = C_f + C_p \quad (3.15)$$

$$C_p = 0 \Leftrightarrow D_p = 0 \quad (3.16)$$

$$C = C_f \quad (3.17)$$

A condição acima caracteriza o deslocamento total do consumo no horário de ponta para o horário fora de ponta ou deslocamento total de carga e a melhoria do fator de carga, entretanto, o conhecimento das regras do setor elétrico permite a aplicação de outras duas estratégias, o crédito de impostos e a eficiência contratual, compondo, então, um processo fundamentado em quatro medidas para a redução da fatura de energia elétrica de consumidores, principalmente, industriais, a partir de um investimento muito menor que a economia obtida. Este processo de gestão energética é apresentado na seção 3.4 e seus benefícios discutidos na seção 3.5.

3.4. REDUÇÃO DO FATURAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

A redução do faturamento de energia elétrica, a seguir, está delineada sob uma estratégia de mínimo investimento, para evidenciar as oportunidades existentes no setor elétrico brasileiro que podem ser aproveitadas se conhecida sua regulação e acompanhada a dinâmica desta.

Neste trabalho, serão impostas condições limites para a redução, de forma a expressar o majorante da economia, sendo a principal delas que o faturamento em questão será referente à parte industrializante da empresa, ou seja, aquela responsável pela transformação e processamento da matéria prima dentro de uma cadeia produtiva, excluindo, assim, o consumo referente aos setores administrativos, de vendas e etc. Esta consideração será importante para a plena aplicação das medidas de gestão energética e, de fato, quando existente a parte industrializante representa a parcela mais significativa do consumo.

3.4.1. CRÉDITO DE IMPOSTOS

Partindo do princípio constitucional de não cumulatividade de impostos, tem se a possibilidade de crédito dos impostos incidentes sobre a energia elétrica (BRASIL, 2002). Os processos de industrialização ao utilizar energia elétrica para a transformação de bens e produção são passíveis de crédito de impostos incidentes nesta energia, uma vez que os produtos já são taxados pelos mesmos. Assim, as empresas industriais que queiram se creditar dos impostos destacados nas notas fiscais de energia elétrica, devem confeccionar um Laudo

Técnico emitido por um perito para quantificar a energia elétrica consumida nos setores de industrialização. É possível buscar a retroatividade do crédito no período dos últimos cinco anos e os valores apurados poderão ser compensados com débitos vincendos, atentando-se às normas do regulamento estadual de onde estiver situado o estabelecimento. Salienta-se que não é passível de crédito o consumo de energia relacionado às áreas de administração e vendas e ainda que o direito ao crédito é dado somente às empresas que não optaram pelo recolhimento simplificado de impostos (LIPPO e MELO, 2004).

A Lei Complementar 87/1996 permitia que as empresas comerciais e industriais utilizassem o crédito integral do ICMS destacado nas faturas de energia elétrica, no entanto, sua vigência foi até 31 de dezembro de 2000 e a partir desta data, passou a vigorar a Lei Complementar 102/2000. Com esta lei em vigor, a utilização do crédito de ICMS restringiu-se a 3 hipóteses (LUNELLI, 2011):

- 1) Quando for objeto de operação de saída de energia elétrica;
- 2) Quando consumida no processo de industrialização;
- 3) Quando seu consumo resultar em operação de saída ou prestação para o exterior, na proporção destas sobre as saídas ou prestações totais.

Além do ICMS estadual, também é possível creditar os impostos PIS e COFINS incidentes nas faturas de energia elétrica. Para fins de apuração de créditos de Contribuição para o PIS/PASEP e COFINS, nos termos dos incisos II do art. 3º da Lei nº 10.637, de 2002 e II do art. 3º da Lei nº 10.833, de 2003, consideram-se insumos os bens e serviços adquiridos de pessoas jurídicas, utilizados na prestação de serviços e na produção ou fabricação de bens ou produtos destinados à venda. No caso de bens, para que estes possam ser considerados insumos, é necessário que sejam consumidos ou sofram desgaste, dano ou perda de propriedades físicas ou químicas em função da ação diretamente exercida sobre o serviço que está sendo prestado ou sobre o bem ou produto que está sendo fabricado.

Realizando o laudo técnico para legitimar o crédito de ICMS, PIS e COFINS, em conformidade com as exigências legais, o faturamento da parte industrializante da empresa torna-se isenta destes impostos, alterando as formas do faturamento apresentadas em (3.8), (3.9) e (3.10) para as expressões em (3.18), (3.19) e (3.20). Como descrito anteriormente, esta análise é referente à parte industrializante da empresa, por isso o consumo é inteiramente passível para crédito de impostos; já exposto o amparo constitucional.

$$F = \left(TC^C + \frac{TD^C}{h \cdot fc} \right) \cdot C \quad (3.18)$$

$$F = \left[TC_f^V + TC_p^V \cdot \frac{C_p}{C_f} + \left(1 + \frac{C_p}{C_f} \right) \cdot \frac{TD^V}{h \cdot fc} \right] \cdot C_f \quad (3.19)$$

$$F = \left[TC_f^A + TC_p^A \cdot \frac{C_p}{C_f} + \left(TD_f^A + TD_p^A \cdot \frac{D_p}{D_f} \right) \cdot \frac{1}{h_f \cdot fc_f} \right] \cdot C_f \quad (3.20)$$

3.4.2. DESLOCAMENTO DE CARGA DO HORÁRIO DE PONTA

O Deslocamento da Ponta faz parte de um conjunto de ações cujo objetivo é uniformizar a curva de carga e reduzir sua magnitude. A este conjunto denomina-se de Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD). No deslocamento da ponta ou deslocamento de carga (*Load shifting*) o consumo na ponta é deslocado para fora dela, como representado na Figura 3.1, por meio da reprogramação das cargas ou utilização de armazenadores de energia (baterias, banco de gelo e etc) (INAMDAR e HASABE, 2009; ZHONG *et al.*, 2010).

Figura 3.1– Deslocamento de carga.

Fonte: Adaptado de ETAP (2012).

Os programas de gerenciamento pelo lado da demanda representam uma intervenção deliberada de empresas de energia elétrica, geralmente as concessionárias, no perfil energético do consumidor. O conceito é resultado dos trabalhos de Clark W. Gellings e remete aos anos 70. Entretanto, esboços do que se trata, então, como gerenciamento pelo lado da demanda são conhecidos desde o início da indústria da eletricidade (LUO *et al.*, 2010).

O conjunto de medidas do GLD foi proposto pelo *Electric Power Research Institute* (EPRI) e diversos pesquisadores, desmembrando-se em (GAUTERIO, 2006):

1) Redução dos Picos (*Peak clipping*)

Desligamento de cargas de ponta por nível de prioridade no sistema produtivo, geralmente, pela utilização de um dispositivo denominado controlador de demanda.

Figura 3.2 – Redução dos picos.

2) Deslocamento de Carga (*Load shifting*)

Deslocamento do consumo na ponta para fora da ponta, pela reprogramação das cargas ou utilização de armazenadores de energia (baterias, banco de gelo).

Figura 3.3 – Deslocamento de carga.

3) Preenchimento de Vales (*Valley filling*)

Elevação do consumo nos vales, mediante incentivos tarifários e subsídios de financiamentos por parte dos agentes do setor elétrico.

Figura 3.4 – Preenchimento de vales.

4) Conservação de Energia (*Energy conservation*)

Utilização eficiente do sistema elétrico, de forma a consumir menos sem reduzir o nível de produção.

Figura 3.5 – Conservação de energia.

5) Crescimento Estratégico da Carga (*Strategic load growth*)

Aumento do nível de produção baseado em estratégias de mercado e utilização de novas tecnologias, procurando distribuir uniformemente o consumo ao longo do ciclo de produção.

Figura 3.6 – Crescimento estratégico.

6) Curva de Carga Flexível (*Flexible load shape*)

Conceito relacionado à confiabilidade; é a estratégia em que existe o completo gerenciamento das cargas de um consumidor, buscando sempre o custo com níveis de qualidade pré-estabelecidos.

Figura 3.7 – Curva de carga flexível.

7) Redução da Sazonalidade

Redução da sazonalidade das cargas, aumentando o consumo no período úmido e reduzindo no período seco.

Figura 3.8 – Redução da Sazonalidade.

Contudo, os esforços para a aplicação das estratégias de gerenciamento pelo lado da demanda devem partir também dos consumidores, pois além de beneficiar o sistema elétrico, representam uma grande oportunidade para redução no custo da energia elétrica.

Considerando, então, o deslocamento total do consumo na ponta para o horário fora de ponta, aplicando a condição (3.13) às equações (3.18), (3.19) e (3.20), o faturamento é reduzido para as equações (3.21), (3.22) e (3.23). O deslocamento total de carga é outra condição limite e está relacionado à possibilidade de alteração de horários do sistema produtivo ou disponibilidade financeira para aquisição de acumuladores de energia.

$$F = \left(TC^C + \frac{TD^C}{h \cdot fc} \right) \cdot C \quad (3.21)$$

$$F = \left(TC_f^V + \frac{TD^V}{h \cdot fc} \right) \cdot C \quad (3.22)$$

$$F = \left(TC_f^A + \frac{TD_f^A}{h \cdot fc} \right) \cdot C \quad (3.23)$$

3.4.3. AUMENTO DO FATOR DE CARGA

A melhoria ou aumento do fator de carga, além de diminuir o preço médio pago pela energia consumida, conduz a um melhor aproveitamento da instalação elétrica e à otimização dos investimentos nela. O fator de carga da unidade consumidora depende, entre outras coisas, das características dos equipamentos elétricos e do regime de operação dos mesmos, que por sua vez tem relação com a atividade desenvolvida. A elevação do fator de carga pode ser efetuada a partir de dois tipos de alternativas, a primeira é a funcional, que visa especialmente corrigir desconformidades nas instalações elétricas e no funcionamento dos equipamentos elétricos. Além do ganho econômico, esta alternativa aumenta a segurança das instalações. As ações técnicas relativas a esta estratégia envolvem (CELESC DISTRIBUIÇÃO S.A, 2011):

- ❖ Evitar a partida de motores com carga e/ou a partida simultânea;
- ❖ Instalar chaves especiais ou *soft-starters* para a partida dos motores, reduzindo a corrente elétrica solicitada;

- ❖ Dimensionar corretamente as instalações e equipamentos de proteção;
- ❖ Efetuar manutenção preventiva, tanto das instalações quanto dos equipamentos.

A segunda é a alternativa operacional, a ser aplicada após a correção das distorções funcionais e que significa, basicamente, a redução da demanda conservando o mesmo consumo, por meio da reprogramação do funcionamento dos equipamentos, de forma que o menor número de máquinas funcione ao mesmo tempo. Um forma de aplicar esta alternativa é implementar os seguintes procedimentos (CELESC DISTRIBUIÇÃO S.A, 2011):

- ❖ Fazer um cronograma de utilização dos equipamentos elétricos, anotando a potência e o período de trabalho de cada um (levantamento das cargas e do seu horário de funcionamento);
- ❖ Selecionar os equipamentos que possam operar fora do período de demanda máxima, reduzindo assim a demanda medida;
- ❖ Reprogramar o período de funcionamento das cargas passíveis de deslocamento.

Elevar o fator de carga ao máximo em empresas já existentes ou mesmo mantê-lo assim em novas plantas é uma grande desafio para os responsáveis pela programação da produção, e na maioria dos casos existe um limitante superior para a viabilidade econômica desta prática. No entanto, como o objetivo deste trabalho é explorar os limites da redução do faturamento, será considerada a melhoria total do fator de carga, levando as expressões (3.21), (3.22) e (3.23) para as formas (3.24), (3.25) e (3.26), ainda mais reduzidas.

$$F = \left(TC^C + \frac{TD^C}{h} \right) \cdot C \quad (3.24)$$

$$F = \left(TC_f^V + \frac{TD^V}{h} \right) \cdot C \quad (3.25)$$

$$F = \left(TC_f^A + \frac{TD_f^A}{h} \right) \cdot C \quad (3.26)$$

3.4.4. EFICIÊNCIA CONTRATUAL

A eficiência contratual envolve, basicamente duas ações: dimensionamento adequado da demanda contratada e adequação tarifária. A primeira se caracteriza por contratar uma demanda o mais próximo da demanda registrada máxima. A demanda faturada, partindo da hipótese de não haver ultrapassagem de demanda, será sempre igual à demanda contratada podendo ser decomposta como em (3.27).

$$D = \max(D_{\max}, D_{\text{con}}) = D_{\text{con}} = D_{\max} + (D_{\text{con}} - D_{\max}) \quad (3.27)$$

A melhoria do fator de carga faz com que a demanda máxima se iguale à demanda média, visto em (3.28).

$$D_{\max} = \frac{D_{\text{méd}}}{fc} = \frac{D_{\text{méd}}}{1} \quad (3.28)$$

Desta forma, deve-se diminuir a distância entre a demanda registrada (máxima e média) e a demanda contratada, que significa contratar uma demanda o mais próximo possível daquela desenvolvida na empresa, ponto expressado em (3.29).

$$D = D_{\max} \Leftrightarrow (D_{\text{con}} - D_{\max}) = 0 \quad (3.29)$$

Esta ação elimina o faturamento da parcela $(D_{\text{con}} - D_{\max})$, que não foi utilizada para gerar trabalho, contribuindo, ainda, com o setor elétrico, ao eliminar parcela ociosa. A segunda ação é realizada escolhendo a modalidade tarifária que apresente o menor custo médio de energia, ou seja, analisando o enquadramento tarifário para a melhor escolha para o dado perfil energética da empresa.

Em concordância com a ANEEL (2010), a alteração de modalidade tarifária, por solicitação do consumidor, deve ser efetuada nos casos em que a alteração precedente tenha sido anterior aos 12 (doze) últimos ciclos de faturamento e desde que o pedido seja apresentado em até 3 (três) ciclos completos de faturamento posteriores à revisão tarifária da distribuidora.

Como o custo médio de energia é dado pela divisão do faturamento pelo consumo, a análise pode ser feita a partir das expressões (3.30), (3.31) e (3.32).

$$CMe = TC^C + \frac{TD^C}{h} \quad (3.30)$$

$$CMe = TC_f^V + \frac{TD^V}{h} \quad (3.31)$$

$$CMe = TC_f^A + \frac{TD_f^A}{h} \quad (3.32)$$

Para o enquadramento tarifário, basta escolher a situação que caracterize o menor custo médio da energia, como explicitado em (3.33).

$$\min(CMe_C, CMe_V, CMe_A) \quad (3.33)$$

As tarifas de demanda e consumo da modalidade convencional são maiores que as das modalidades horo-sazonais e, em geral, no horário fora de ponta os custos médios da energia se igualam. Assim, a adequação tarifária ocorre naturalmente da modalidade convencional para as horo-sazonais e analisando a posição relativa ao ponto de equilíbrio (valor em que as duas modalidades se igualam) do fator de carga para escolher entre as modalidades Azul e Verde, caso não seja possível elevar ao máximo o fator de carga e/ou realizar deslocamento total de carga. O perfil de consumo em sistemas industriais, em geral, apresenta comportamento dinâmico no longo prazo, gerando a necessidade de realizar revisões nas características do contrato de fornecimento, principalmente após mudanças deliberadas (expansões, retrações, troca de equipamentos e máquinas). (BOTH e BREIER, 2011).

3.5. AVALIAÇÃO DA ESTRATÉGIA DE REDUÇÃO DO FATURAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

A aplicação das medidas apresentadas resulta na redução, a curtíssimo prazo, do valor do faturamento de energia elétrica. Cada etapa é resultado da identificação de oportunidades relacionadas à regulação do fornecimento de energia elétrica, representando medidas de gestão energética. Do ponto de vista da gestão do conhecimento, a melhoria do fator de carga advém do monitoramento do ambiente interno, observando o perfil de consumo, ao passo que o deslocamento de carga, a eficiência contratual e crédito de impostos são fruto do acompanhamento do ambiente externo e conhecimento sobre o setor elétrico.

A principal avaliação é, certamente, a economia mensal resultante das medidas de gestão energética, para verificar a viabilidade do projeto. Expressa em (3.34), esta economia (E) é verificada pela diferença entre os faturamentos normais (F_{antigo}) e otimizados (F_{novo}), para meses respectivos.

$$E = F_{antigo} - F_{novo} \quad (3.34)$$

Com relação ao enquadramento tarifário, as possibilidades de migração são os arranjos das três modalidades com a mudança de uma para outra, gerando seis casos distintos. A viabilidade da mudança entre modalidades depende do fator de carga e da relação entre demanda registrada máxima na ponta e fora dela. Assim, para o processo de gestão energética proposta neste trabalho, em que foi realizado o deslocamento total da carga na ponta, a migração da modalidade convencional para a horo-sazonal (azul ou verde) apresenta o caso de maior redução no faturamento e por isso será tratado como exemplo. Desta forma a expressão (3.34) pode ser expandida como em (3.35) e colocada em função do consumo (C) e do fator de carga antes de seu aumento (fc), para a alteração contratual da modalidade convencional para a verde.

$$E = \frac{(TC^c + \frac{TD^c}{h \cdot fc}) \cdot C}{(1 - PIS - COFINS - ICMS)} - \left(TC_f^v + \frac{TD^v}{h} \right) \cdot C \quad (3.35)$$

$$30kW \leq D_{con} < 300kW \quad (3.36)$$

Como indicado em (3.36), a demanda contratada deve estar entre 30 kW e 300 kW para permitir a livre migração entre as modalidades. Outra forma de conceber a economia é deixando a equação (3.35) em função da demanda média por meio da relação (3.37), obtendo então ela na forma expressa em (3.38).

$$D_{med} = \frac{C}{h} \Rightarrow C = D_{med} \cdot h \quad (3.37)$$

$$E = \left[\frac{\left(TC^c \cdot h + \frac{TD^c}{fc} \right)}{(1 - PIS - COFINS - ICMS)} - \left(TC_f^v \cdot h + TD^v \right) \right] \cdot D_{med} \quad (3.38)$$

Tem-se com (3.38), então, um hiperboloide de carga-demanda média de economia, no qual diferentes demandas médias representam níveis de consumo ou diferentes plantas industriais de uma mesma empresa. Esta forma apresenta mais facilidade em sua aplicação, uma vez que o consumo só é conhecido após o faturamento, e a demanda média foi igualada à demanda contratada final. Outra forma, expressa em (3.39), é obtida dividindo o faturamento pela demanda contratada, representando a economia por unidade de demanda.

$$\frac{E}{kW} = \frac{\left(TC^c \cdot h + \frac{TD^c}{fc} \right)}{(1 - PIS - COFINS - ICMS)} - (TC_f^v \cdot h + TD^v) \quad (3.39)$$

Além da economia mensal, há a parcela referente ao crédito retroativo dos impostos. De imediato, o crédito de ICMS, PIS e COFINS torna disponível o ressarcimento em 60 meses anteriores, que é indicado pela equação (3.40).

$$Cred_{ret} = \sum_{i=1}^{60} F_i \cdot (PIS + COFINS + ICMS) \quad (3.40)$$

sendo $Cred_{ret}$ o valor do resgate retroativo e i o i -ésimo mês anterior à obtenção do crédito.

Uma avaliação numérica desta avaliação pode ser obtida por meio da aplicação do processo proposto em um caso real. A regulação tarifária executada pela ANEEL é tal que permite a cada distribuidora considerar as particularidades de sua área de concessão ao determinar a tarifa de uso do sistema de distribuição (TUSD) ou tarifa de demanda (TD), que é somada à tarifa de energia (TE) para formar a tarifa de consumo (TC). Esta situação faz com que o processo de gestão energética proposto tenha uma resposta distinta para cada distribuidora e a cada revisão tarifária, o que no caso de instalação de uma nova indústria, confere caráter dinâmico e espacial ao problema de minimização do faturamento. Para o estudo serão considerados os subgrupos A3a (30kV a 44kV) e A4 (2,3kV a 25kV), que têm a opção da migração entre todas as modalidades tarifárias, adotando para as tarifas os valores apresentados na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Tarifas consideradas no estudo

<i>Subgrupos</i>	Tarifa de Demanda (R\$/kW)	Tarifa de Energia (R\$/kWh)	
	<i>Convencional</i>		
A3a	18,82	0,17799	
A4	26,76	0,17799	
	<i>Horo-Sazonal (fora da ponta)</i>	<i>Período Seco</i>	<i>Período Úmido</i>
A3a	4,39	0,17544	0,16011
A4	6,89	0,17544	0,16011

A partir dos dados da Tabela 3.2 e das expressões (3.38) e (3.39) obtêm-se a representação gráfica para o hiperboloide de carga-demanda de economia e da economia por unidade de demanda, respectivamente na Figura 3.9 e na Figura 3.10, para o subgrupo A3a, e Figura 3.11 e Figura 3.12, para o subgrupo A4. É possível, também, avaliar os limitantes inferiores para a economia, visto que o fator de carga antigo assumindo o valor máximo de 1 implica na situação de menor economia, pois não precisa ser melhorado. As desigualdades (3.41) e (3.42) exprimem estes valores, respectivamente para os subgrupos A3a e A4.

$$\text{R\$ } 91,98 \leq E/kW \quad (3.39)$$

$$\text{R\$ } 105,3974 \leq E/kW \quad (3.40)$$

Figura 3.9 – Hiperboloide carga-demanda de economia

Figura 3.10 – Economia mensal normalizada **Figura 3.11** – Hiperboloide carga-demanda de economia

Figura 3.12 – Economia mensal normalizada

Por fim, aplicando os limites de demanda contratada (30kW e 300kW) tem-se a economia total. Para que esta análise seja feita, algumas considerações sobre o perfil energético são aplicadas:

- ❖ A nota técnica 2.018 da Distribuidora AES Eletropaulo indica que o fator de carga típico para instalações industriais é de 76% ou $fc = 0,76$, e este será utilizado como valor inicial (AES ELETROPAULO, 2007);
- ❖ A demanda máxima registrada será 10% menor que a demanda contratada, sendo este o erro de dimensionamento na contratação da energia. Desta forma, segundo a expressão (2.2), a demanda média será 68,4% da demanda contratada;
- ❖ A demanda será completamente passível de crédito de impostos.

Sob essas condições, apresentam-se os resultados finais da aplicação das medidas de gestão energética na Tabela 3.3.

Tabela 3.3– Benefícios econômicos das medidas de gestão energética

Subgrupo	Demanda Contratada (kW)	Faturamento Antigo (R\$)	Faturamento Novo (R\$)	Economia Mensal (R\$)	Economia Mensal (%)	Crédito de Impostos Acumulado (R\$)
A3a	30	4.440,99	2.516,91	1.924,07	43,33	72.610,16
	300	44.409,88	25.169,14	19.240,75		726.101,59
A4	30	4.768,41	2.584,41	2.184,00	45,80	77.963,52
	300	47.684,11	25.844,14	21.839,97		779.635,20

Para a análise econômica de investimentos, em geral, considera-se que projetos viáveis tem um tempo de retorno do capital menor que 2 anos. Considerando uma taxa de juros de 12% ao ano, neste período a economia gerada na implantação da metodologia de gestão energética seria capaz de viabilizar projetos com grande volume de investimento, como mostrado na Tabela 3.4.

Tabela 3.4– Montante economizado no período de 2 anos

Subgrupo	Demanda Contratada (kW)	Economia em 2 anos (R\$)
A3a	30	114.796,94
	300	1.147.969,44
A4	30	126.061,03
	300	1.260.610,27

A avaliação confirma que o monitoramento das oportunidades que o setor elétrico dispõe em sua regulamentação pode trazer retornos significativos, mesmo para pequenas e médias empresas. Desta forma o Sistema de Gestão Energética de uma corporação está tão ligado aos índices de desempenho quanto os sistemas de Gestão da Qualidade, Ambiental e etc.

Neste capítulo, foi apresentada a estratégia para redução do custo da energia elétrica, assim como sua avaliação em um estudo teórico. No Capítulo 4 será desenvolvida a avaliação de um caso real, a fim de verificarem-se as limitações e dificuldades da aplicação da estratégia em um estudo prático, bem como a proximidade com os resultados do estudo teórico.

CAPÍTULO 4

APLICAÇÃO DA ESTRATÉGIA DE BAIXO CUSTO PARA REDUÇÃO DA FATURA DE ENERGIA ELÉTRICA

4.1. INTRODUÇÃO

O impacto econômico do processo de gestão energética, proposto no Capítulo 3, será avaliado por meio do estudo de caso de uma empresa de porte médio do ramo metalúrgico, que desenvolve caldeiras e diversas outras tecnologias, principalmente, para usinas sucroalcooleiras. A visita técnica foi realizada durante um período de produção e sob condução de técnicos da área de segurança. A coleta de dados foi embasada em uma breve auditoria energética (IJUMBA e ROSS, 1996), inspecionando visualmente o sistema produtivo, entrevistando os responsáveis por cada setor e concluindo com a aquisição, no setor administrativo, das faturas de energia elétrica dos últimos 11 meses, que correspondiam ao ciclo de produção anterior à visita.

Neste capítulo, a estratégia para redução do faturamento de energia elétrica será decomposto em duas partes: redução por ações técnicas, envolvendo o deslocamento de carga e o aumento do fator de carga; e redução por ações administrativas, envolvendo o crédito de impostos e a eficiência contratual. O benefício econômico será verificado para as duas parcelas e, por fim, para a aplicação em conjunto delas.

4.2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA ELÉTRICO SOB ESTUDO

Para exemplificar a aplicação das estratégias de gestão do consumo de energia elétrica, analisou-se a situação de uma empresa, do interior de São Paulo, que atua na

produção de caldeiras para usinas sucroalcooleiras. No momento em que a visita técnica foi realizada, a indústria passava por uma crise oriunda da baixa produção de cana de açúcar nos meses anteriores e uma consequente inadimplência de seus clientes. Esta situação motivou o levantamento das oportunidades não aproveitadas, no contexto do processo de gestão energética proposto no Capítulo 3. O levantamento dos dados foi realizado por meio de auditoria energética e questionário com os responsáveis técnicos pelo sistema produtivo, assim como responsáveis pelo setor administrativo, com relação às faturas de energia elétrica. Foram disponibilizadas as 11 faturas anteriores, as quais representaram o conjunto de informações principal para o estudo de caso (LI *et al.*, 2009; MENDIS e PERERA, 2006). A partir das informações obtidas foi traçado o perfil de consumo, apresentado na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Características da contratação e fornecimento de energia elétrica.

Parâmetro de consumo	Situação da empresa
Subgrupo de Tensão	<i>A4 Industrial</i>
Tensão de fornecimento	<i>13,8 kV</i>
Classe Tarifária	<i>Horo-sazonal Verde</i>
Demanda Contratada	<i>480 kW</i>
Demanda Registrada média	<i>452 kW</i>
Consumo total médio	<i>121.523 kWh</i>
Consumo na ponta médio	<i>11.570 kWh</i>
Consumo fora da ponta médio	<i>109.958 kWh</i>
Fator de Carga médio	<i>0,36</i>
Fator de Potência médio	<i>0,88</i>
Custo médio da energia	<i>0,34062 R\$/kWh</i>
Faturamento médio da energia	<i>R\$ 40.381,69</i>
Montante faturado (11 meses)	<i>R\$ 444.198,64</i>

Devido ao vínculo com o ramo sucroalcooleiro, o ciclo da cana de açúcar exerce forte influência no nível de produção desta indústria, o que pode ser percebido, na Figura 4.1, pelo perfil sazonal do consumo de energia elétrica.

Figura 4.1 – Consumo de energia elétrica na indústria em estudo.

4.3. RESULTADO DA REDUÇÃO POR AÇÕES TÉCNICAS

Os horários de produção da indústria não seguem o horário comercial e no ciclo de trabalho há um intervalo após o horário de ponta com duração suficiente para o deslocamento total da carga. Dado este perfil de consumo, o fator de carga apresenta um valor médio inferior ao valor típico industrial de 76% avaliado em AES Eletropaulo (2007), o que representa um forte indício de aproveitamento ineficiente da energia contratada. A Figura 4.2 faz uma comparação entre as demandas máxima e média, a partir da qual se percebe a grande distância entre elas, presumindo-se um consumo mal distribuído ao longo do dia.

Figura 4.2 – Comparativo entre as demanda máxima e media

Verificada estas situações pode-se analisar o benefício econômico destas estratégias técnicas de redução do faturamento. O resultado é expresso na Tabela 4.2 e refere-se ao processo parcial com o deslocamento total da carga na ponta para fora dela e elevação o fator de carga para 0,76.

Tabela 4.2 – Resultados da redução por ações técnicas.

Parâmetro de consumo	Situação da empresa
Faturamento médio da energia	R\$28.758,91
Economia média	R\$11.622,79
Montante faturado (11 meses)	R\$316.347,99
Montante economizado	R\$127.850,64
Economia total	28,78%

4.4. RESULTADO DA REDUÇÃO POR AÇÕES ADMINISTRATIVAS

Do ponto de vista contratual, a classe tarifária está adequada ao perfil de consumo uma vez que o fator de carga situa-se entre os pontos de equilíbrio com as modalidades convencional ($fc = 0,32$) e horo-sazonal azul ($fc = 0,66$), como descrito em Celesc Distribuição SA (2011). Entretanto, há problema no dimensionamento da demanda contratada, como pode ser visto na Figura 4.3, havendo multa por ultrapassagem (mês 5) e grandes desperdícios por déficit de utilização (mês 9).

Figura 4.3 – Comparação entre as demandas registrada e contratada

A maior parte da energia utilizada empresa tem uso em processos de industrialização e sobre seus produtos incidem impostos também cobrados na fatura de energia elétrica. Como há desconhecimento sobre o crédito de impostos, nenhum estudo sobre o rateio de energia foi realizado. Com base nas informações sobre o sistema produtivo avaliou-se que 90% do consumo é passível crédito. Neste sentido, a redução por ações administrativas, como processo parcial, será conduzida isentando de impostos a parte industrial do consumo e aumentando 3 kW na demanda contratada, de forma a corrigir a ultrapassagem mantendo a maior demanda registrada na faixa de 10% , faixa alterada para 5% pela Resolução Normativa nº 414 da ANEEL (ANEEL, 2011b). O resultado é apresentado na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Resultados da redução por ações administrativas.

Parâmetro de consumo	Situação da empresa
Faturamento médio da energia	<i>R\$31.895,33</i>
Economia média	<i>R\$8.486,36</i>
Montante faturado (11 meses)	<i>R\$316.347,99</i>
Montante economizado	<i>R\$93.349,98</i>
Economia total	<i>21,02%</i>
Credito retroativo (5 anos)	<i>R\$552.356,46</i>

4.5. RESULTADO DAS AÇÕES TÉCNICAS E ADMINISTRATIVAS EM CONJUNTO

A aplicação parcial das duas ações já é responsável por uma economia expressiva, mas a minimização só é completa em cada parcela quando realizadas em conjunto. O fator de carga é responsável por esse acoplamento das ações, sua melhoria proporciona um melhor dimensionamento da demanda contratada, fazendo com que esta possa ser reduzida em direção à demanda média (Figura 4.4). Desta forma, o resultado global do processo de gestão energética apresentado não é uma simples combinação linear dos dois tipos de ações. A redução do faturamento por ações técnicas permite uma mudança sensível no perfil de consumo de energia elétrica, que, por sua vez, influencia nas decisões contratuais, permitindo um melhor ajuste tarifário e exigindo um novo dimensionamento da demanda contratada.

Figura 4.4 – Evolução da demanda máxima no processo de redução

Agregando, então, as duas ações e realizando o processo por completo, a elevação do fator de carga para 0,76 faz com que a demanda máxima tenha o comportamento ilustrado na Figura 4.4 e a demanda contratada possa ser reduzida de 480 kW para 311 kW. Assim, a aplicação das quatro estratégias para minimização do faturamento de energia elétrica foi responsável por uma redução de 46% no custo médio da energia (Figura 4.5) e mudou o perfil energético da empresa, gerando uma economia conforme apresenta a Tabela 4.4.

Figura 4.5 – Evolução do custo da energia elétrica

Tabela 4.4 – Redução no faturamento.

Fatura Média Inicial	Fatura Média Final	Economia Mensal Média	Crédito Retroativo Acumulado
<i>R\$ 40.381,69</i>	<i>R\$ 21.720,37</i>	<i>R\$ 18.661,33 46,21%</i>	<i>R\$ 784.966,86</i>

Para a análise econômica de investimentos, em geral, considera-se que projetos viáveis tem um tempo de retorno do capital menor que 2 anos. Neste período, sob uma taxa de juros bem conservadora de 12% ao ano, o valor presente do montante acumulado seria capaz de viabilizar projetos com custo de até R\$1.158.027,93.

As conclusões desse trabalho e propostas de investigações futuras possíveis de serem desenvolvidas a partir das contribuições pautadas são abordas no Capítulo 5.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O objetivo desse capítulo é apresentar as conclusões finais do trabalho, de maneira a conduzir o seu fechamento. Além disso serão apresentadas propostas para trabalhos futuros que façam uso, total ou parcialmente, do desenvolvido neste trabalho.

5.1. CONCLUSÕES

Os resultados, apresentados no Capítulo 4, confirmam que monitoramento das oportunidades presentes setor elétrico pode evitar perdas significativas, mesmo para pequenas e médias empresas. Desta forma, o Sistema de Gestão Energética de uma corporação está tão ligado aos índices de desempenho quanto os sistemas de Gestão da Qualidade, Ambiental e etc. Os estudos e pesquisas na área de Gestão Energética devem, além de promover o desenvolvimento de novas técnicas e tecnologias, mapear o perfil energético da classe consumidora, identificar as falhas na contratação e no uso da energia elétrica e propor estratégias corretivas, a fim de proporcionar eficiência para o lado da oferta e economia para o lado da demanda. Como contribuição, nesta dissertação desenvolveu-se um estudo quantitativo do impacto econômico de medidas de baixo custo, além de evidenciar oportunidades, em geral, esquecidas por pequenas e médias empresas. Os valores do gasto com energia elétrica apresentados mostraram-se expressivos, o que reforça o impacto positivo da estruturação de um sistema de gestão energética.

O processo de gestão energética apresentado resultou em uma economia média maior que 45% na fatura de energia elétrica (ultrapassando 50% em certos meses) através de medidas cujo investimento é muitas vezes menor que o montante economizado. A norma

NBR ISO 50.001, publicada em 2011, preconiza economia de até 60% com a aplicação de um sistema completo de gestão energética, incluindo medidas de eficiência energética que possuem custo elevado (ABNT, 2011).

Além de ficar evidente o nível de oportunidades existentes, foi visto que indústrias de médio porte (como a referente ao caso estudado) podem acumular mais de R\$1.000.000,00 num período de dois anos, que pode ser tanto investido no retrofit das instalações, como aplicado em outros *targets* dados pelo Planejamento Estratégico, garantindo a competitividade e crescimento dentro do mercado. Embora, o processo proposto tenha aplicação mais relacionada a indústrias e sistemas produtivos de transformação de bens, o sistema de gestão energética para outros tipos de empresa pode ser facilmente adaptado deste e transposto para outras características do perfil energético, para isto, outras oportunidades deverão ser estudadas, as quais são pontuadas à seguir.

5.2. TRABALHOS FUTUROS

Dentre os futuros trabalhos, correlacionados aos temas desta dissertação, pontua-se os seguintes:

- ❖ Agregar medidas de eficiência energética, estudar a viabilidade econômica do novo processo e avaliar a provável superação da meta de 60% preconizada pela ABNT.
- ❖ Realizar auditorias energéticas em empresas de outros portes e de outros ramos, para formar um banco de dados expressivo e representativo para estudos mais generalistas.
- ❖ Participar de cursos e eventos específicos da área de gestão e eficiência energética.
- ❖ Publicar os estudos dos projetos de Extensão em congressos e revistas pertinentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **ABNT NBR ISO 50001:2011.** Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=087286>>. Acesso em: 21 ago. de 2011.

ABNT. **Vença os desafios da energia com a ISO 50001.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rua Minas Gerais, 190 – Higienópolis. São Paulo - SP – Brasil, 2010.

ACTION ENERGY. **Energy management path finder.** Londres: Queen's Printer, 2004.

AES ELETROPAULO. **Cálculo de Demanda Rede para Acréscimo de Novas Cargas na Rede de Distribuição de Baixa Tensão.** Nota técnica 2.018. Gerência Executiva de Planejamento e Engenharia, Gerência de Engenharia da Distribuição, 2007.

ANEEL. Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição. In: **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST**, 2011a.

ANEEL. **Resolução Normativa nº 414**, 2011b.

ANEEL. **Consumidores, Consumo, Receita, Tarifa Média - Por Classe Consumo.** Disponível em: <http://rad.aneel.gov.br/ReportServerSAD?%2fSAD_REPORTS%2fConsumidoresConsumoReceitaTarifaMedia-ClasseConsumo&rs:Command=Render>. Acesso em: 30 dez. de 2012.

ARAGÃO NETO, R. M. **O fator humano e gestão energética.** XII Simpósio de engenharia de Produção (SIMPEP). Bauru, SP, 2005.

ARAÚJO, J. L. R. H.; COSTA, A. M. A.; CORREIA, T.; MELO, E. Energy contracting in Brazil and electricity prices. **International Journal of Energy Sector Management**, v. 2, n. 1, p. 36-51, 4 nov. 2008.

BAGLA, A. **Energy management practices in process industries.** New York (Estados Unidos): IEEE, IA&C 95 – 81, 1995.

BORGES, V. A.; CREMASCO, C. P. **Algoritmo para cálculo do volume de carga e potência de energia elétrica.** 2009.

BOTH, R.; BREIER, G. **Uma proposta de modelo matemático para otimização da demanda contratada de energia elétrica**. XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **Anais...**Belo Horizonte: ABEPRO, 2011

BRASIL. Lei nº 2.831 de 13 de novembro de 1997.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. 29. ed. São Paulo: Saraiva, 2002.

BRASIL. Lei nº 10.295 de 17 de outubro de 2001.

BROWN, M.; KEY, G. **A management system standard for energy**. Geórgia TechEnergy and Environmental Management Center, 2002.

CAVALCANTI, M. **Conhecimento e Desigualdade**. CRIE – Centro de Referência em Inteligência Empresarial. Programa de Engenharia de Produção - COPPE/UFRJ, 2002

CELESC DISTRIBUIÇÃO S.A. **Fator de Potência e Fator de Carga**. Portal Grandes Clientes. Disponível em: <http://portal.celesc.com.br/portal/grandesclientes/index.php?option=com_content&task=view&id=128&Itemid=220>. Acesso em: 28 ago. de 2011.

DIXON, S.; TRIPP, D. G. **Energy management training reference book**. Material elaborado para treinamento de gestores industriais. 2003.

ENERGY EFFICIENCY OFFICE. **Organizational aspects of energy management**. Londres: BRECSU, 1993. GELNTIS, Theodora e outros. Promoting energy conserving behaviour at the University of Toronto. Disponível em: <www.cquest.utoronto.ca/env/env421h/energy/behaviour.html>. Acesso em: 27 ago. de 2011.

ETAP. **Smart Grid Solutions**. Disponível em: <<http://etap.com/smart-grid/smart-grid-demand-management.htm>>. Acesso em: 10 jan. 2012.

FUGIMOTO, S.; TAHAN, C. **The structure of electric energy distribution tariffs in Brazil**. 20th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution (CIRED). **Anais...**Prague: 2009

GAUTERIO, Z. W. B. **Impacto do gerenciamento pelo lado da Demanda em transformadores de potência**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.

HUMAN DEVELOPMENT REPORTS. **Human Development Index (HDI)**.. Disponível em: <<http://hdr.undp.org/en/statistics/hdi/>>. Acesso em: 30 dez. de 2012.

IEEE. IEEE Recommended Practice for Energy Management in Industrial and Commercial Facilities. *In: IEEE Std 739-1995 (Bronze Book)*, 1996.

IJUMBA, N. M.; ROSS, J. **Electrical energy audit and load management for low income consumers**. IEEE AFRICON 4th. *Anais...IEEE*, 1996

INAMDAR, H. P.; HASABE, R. P. **It based energy management through demand side in the industrial sector**. 2009 International Conference on Control, Automation, Communication and Energy Conservation (INCACEC). *Anais...Perundurai*: 2009

LIPPO, L.; MELO, J. **A Não-Cumulatividade Tributária (ICMS, IPI, ISS, PIS e COFINS)**. São Paulo: Dialética, 2004.

LUNELLI, R. L. **Crédito de ICMS sobre Energia elétrica**. Disponível em: <<http://www.portaltributario.com.br/artigos/creditoicmsenergia.htm>>. Acesso em: 28 ago. de 2011.

LI, Y.; WANG, J.-J.; JIANG, T.-L.; ZHANG, B.-W. **Energy Audit and Its Application in Coal-Fired Power Plant**. 2009 International Conference on Management and Service Science. *Anais...IEEE*, set. 2009

LUO, T.; AULT, G.; GALLOWAY, S. **Demand Side Management in a highly decentralized energy future**. 45th International Universities Power Engineering Conference (UPEC). *Anais...Cardiff*: 2010

MADAN, R. **The human side of energy efficiency: the value of training**. Steam Digest, 2002.

MARQUES, M. C. S.; HADDAD, J.; MARTINS, A. R. S. **Eficiência Energética: teoria & prática**. Itajubá: FUPAI, 2007. p. 224

MENDIS, N. N. R.; PERERA, N. **Energy Audit: A Case Study**. 2006 International Conference on Information and Automation. *Anais...IEEE*, dez. 2006

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

MORESI, E. A. D. **Inteligência organizacional: um referencial integrado**. Ci. Inf., Brasília, v. 30, n. 2, p. 35-46, maio/ago, 2001.

OLIVEIRA, M. F. **A Internacionalização de Pequenas Empresas Através de Consórcios de Exportação Inseridos em Clusters Industriais: Uma Relação Recíproca de Contribuição**. Disponível em: <<http://www.ucdb.br>>. Acesso em: 30 ago. de 2011.

POLITO, M. A. **O conhecimento como ativo indispensável à micro e pequena empresa brasileira em um mundo de economia globalizada**. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/informe-se/artigos/o-conhecimento-como-ativo-indispensavel-a-micro-e-pequena-empresa-brasileira-em-um-mundo-de-economia-globalizada/14561/>>. Acesso em: 03 set. de 2011.

PROCEL INDÚSTRIAS. **Apresentação.** Disponível em: <<http://www.elektrobras.com/elb/procel/main.asp?TeamID={FBFB8D50-65B6-4135-9477-B0B2711D7AD8}>>. Acesso em: 1º ago. de 2011.

PROCEL INFO. **PROCEL 25 anos: Resultados acumulados até 2009.** Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/linhadotempo/index.html>>. Acesso em: 14 ago. de 2011a.

_____. **Legislação.** Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?Team={0B311C4C-D52D-4159-9842-FEA7AD2E25D5}>>. Acesso em: 20 ago. de 2011b.

QUIRINO, R. **Saberes do Pedagogo para a prática educativa nas organizações empresariais.** Belo Horizonte, 2005. 158 p. Dissertação: (Mestrado) Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG, 2005.

RANKY, P. G. **Sustainable energy management and quality process models based on ISO 50001: 2011 the International Energy Management Standard.** 2012 IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology (ISSST). **Anais...IEEE**, maio. 2012

REINDERS, G. **Optimizing energy management helps companies achieve strategic business objectives.** Corporate Real Estate Leader. Março, 2004.

RUSSEL, C. **A self test of organizational aptitude for managing energy.** Washington DC (Estados Unidos): Alliance to Save Energy, 2005.

SANTOS, A. R. *et al.* (Org.). **Gestão do conhecimento: uma experiência para o sucesso empresarial.** Curitiba: Champagnat, 2001.

SANTOS, A. H. M. *et al.* **Conservação de energia: eficiência energética de instalações e equipamentos.** Itajubá: Ed. Da EFEI. 3ª edição revista e ampliada, 2006.

SIEBRA, R. V. B. **PIS, COFINS - Crédito de Energia Elétrica.** Disponível em: <<http://faroltributario.blogspot.com/2011/06/pis-cofins-credito-de-energia-eletrica.html>>. Acesso em: 03 set. de 2011.

SOLA, A. V. H.; KOVALESKI, J. L. **Eficiência energética nas indústrias: cenários e oportunidades.** XXIV ENEGEP Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Florianópolis, SC. 8 p, 2006.

SWORDS, B.; COYLE, E.; NORTON, B. An enterprise energy-information system. **Applied Energy**, v. 85, n. 1, p. 61-69, jan. 2008.

THE WOLRD BANK GROUP. **Electric power consumption (kWh per capita).** Disponível em: <<http://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.ELEC.KH.PC>>. Acesso em: 30 dez. de 2012.

VAN GORP, J. C. **Maximizing energy savings with enterprise energy management systems.** Conference Record of 2004 Annual Pulp and Paper Industry Technical Conference. **Anais...IEEE**, 2004a

VAN GORP, J. C. Enterprising energy management. **IEEE Power and Energy Magazine**, v. 2, n. 1, p. 59-63, jan. 2004b.

WALTER, A. **As Mudanças Climáticas e a Questão Energética**. Revista Multiciência. Campinas. Edição nº. 8. Mudanças Climáticas. Pags. 29-47. Maio, 2007.

WEIGMAN, P. R.. **Metodologia para eficiência energética, otimização do consumo e combate ao desperdício de energia através da cultura empreendedora e fontes de inovação tecnológica**. Florianópolis: Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

WINGENDER, J.; WOODROOF , E. **When firms publicize energy management projects their stock prices go up**. Strategic Planning for Energy and the Environment, Volume 17, 1997.

WU, Y. **Scientific Management - The First Step of Building Energy Efficiency**. 2009 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering. **Anais...IEEE**, 2009

YAACOB, P. Z.; ZINA, A. A. M. **Electrical energy management in small, and medium size industries**. Proceedings of TENCON '93. IEEE Region 10 International Conference on Computers, Communications and Automation. **Anais...IEEE**, 1993

YAN-FU, Z.; YE, L. **The Research of Customer Relationship Management of Power Supply Enterprises**. 2006 International Conference on Power System Technology. **Anais...IEEE**, out. 2006

ZHAO, H. **Electric energy management system based on PLC**. 2011 International Conference on Electric Information and Control Engineering. **Anais...IEEE**, abr. 2011

ZHONG, J.; KANG, C.; LIU, K. **Demand side management in China**. IEEE PES General Meeting. **Anais...IEEE**, jul. 2010