Recebido: 11/07/2012
Aprovado: 13/12/2012

Medidas de Gestão Energética de baixo custo como estratégia para redução de custos com energia elétrica

Oureste Elias Batista (USP – SP/Brasil) - oureste.batista@usp.br
• Av. Trabalhador São-Carlense, 400, 13566-590, São Carlos-SP, fone: (16) 3373-9365
Prof. Dr. Rogério Andrade Flauzino (USP – SP/Brasil) - raflauzino@sc.usp.br

RESUMO 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 de as empresas inserirem-se em um mundo globalizado e competitivo, requerem 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 deste artigo é apresentar medidas de baixo custo, geralmente desconhecidas, na gestão energética industrial e quantificar seu benefício econômico. A metodologia foi baseada na minimização do faturamento de energia elétrica, sendo cada medida responsável por reduzir um parcela deste. 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-chave Gestão Energética; Eficiência Energética; Setor Elétrico; Gestão da Produção; Suprimento de Energia.

ABSTRACT *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 on the environment and the need for companies to enter into a globalized and competitive world requires optimized use of resources. Many companies, especially small and medium-sized find it difficult to conceive Energy Management (EM) as a management practice with a decisive character for strategic planning guidelines. The purpose of this article is to introduce low-cost measures, generally unknown, in industrial energy management and to quantify its economic benefit. The methodology was based on minimization of electric power sales, and each measure responsible for reducing a portion of this. The results were obtained through a case study, which involved performing a brief energy audit in an industry that produces boilers, lifting out energy profile data and history of electricity bills for one production cycle (11 months). The resulting monthly economy exceeded 45% on bills and a current value greater than R$ 1,000,000.00 for the cumulative amount over 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; Energy Efficiency; Electricity Sector; Production Management; Energy Supply.*

BATISTA, O. E.; FLAUZINO, R. A. Medidas de Gestão Energética de baixo custo como estratégia para redução de custos com energia elétrica. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Ano 7, nº 4, out-dez/2012, p. 117-134.

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 o caráter determinante que o suprimento de eletricidade apresenta na cadeia de processos produtivos e administrativos (YAN-FU; YE, 2006). O papel da GE, neste cenário, é promover a eficiência na aquisição e consumo de energia, integrando a aplicação de conceitos de engenharia, economia e administração aos sistemas energéticos. 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).

Dentro da cadeia de suprimentos industriais, a energia elétrica desempenha uma função primordial, pois via de regra não possui outros substitutos, e sua utilização envolve os principais processos. 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.

A grande motivação para a disseminação de práticas de GE, ainda, é a falta de conhecimento por parte dos consumidores, principalmente industriais de pequeno e médio porte, sobre os aspectos técnicos e comerciais do uso da energia elétrica (YAACOB; 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. 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).

Em adição aos esforços para consolidar as práticas de GE em ambientes industriais, este artigo tem o objetivo de apresentar um processo de redução no faturamento da energia elétrica, baseado em quatro medidas de baixo custo de implementação. Do ponto de vista técnico serão avaliadas as estratégias de deslocamento de carga e melhoria do fator de carga, assim como crédito de impostos e otimização contratual no aspecto administrativo. O impacto econômico desse processo será avaliado por meio do estudo de caso de 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; 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 correspondiamao ciclo de produção anterior à visita.

Com o intuito de difundir o conhecimento sobre GE, este artigo fará uma revisão sobre os principais conceitos envolvidos a esta área multidisciplinar. Na seção 2 são abordados os aspectos empresarias da GE e seus desdobramentos dentro da estrutura corporativa. A seção 2.1contém uma discriminaçãodas tarefas e objetivos de um Sistema de Gestão Energética (SGE) e como deve ser consolidado dentro de uma empresa. Na seção 2.2 há a apresentação a estrutura tarifáriapara energia elétrica, vigente no Brasil, da qual se vale o processo proposto. As medidas de baixo custo são apresentadas na seção 3, em conjunto com a definição de sua aplicação no processo para redução do faturamento. Os resultados são quantificados na seção 4, por meio de um estudo de caso aplicando o processo de GE. A seção 5 contempla as conclusões e considerações sobre o estudo.

2. FUNDAMENTOS DA GESTÃO ERNERGÉTICA

A Gestão Energética é um conceito amplo e tem sido definido de diferentes formas, de acordo com o contexto de sua aplicação. 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. 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. 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. O anúncio de um projeto relacionado à gestão energética chega a produzir um aumento no valor das ações da empresa (ARAGÃO NETO, 2005).

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) (SOLA; KOVALESKI, 2006). 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 (REINDERS, 2004).

2.1. O Sistema de Gestão Energética

Um sistema de gestão energética deve compreender: o conhecimento das informações relacionadas aos fluxos de energia ao longo dos processos internos; o acompanhamento dos índices de controle como: consumo de energia, custos específicos, fator de carga e os valores médios contratados, faturados e registrados de energia; e a 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 (MARQUES *et al*., 2007). 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):

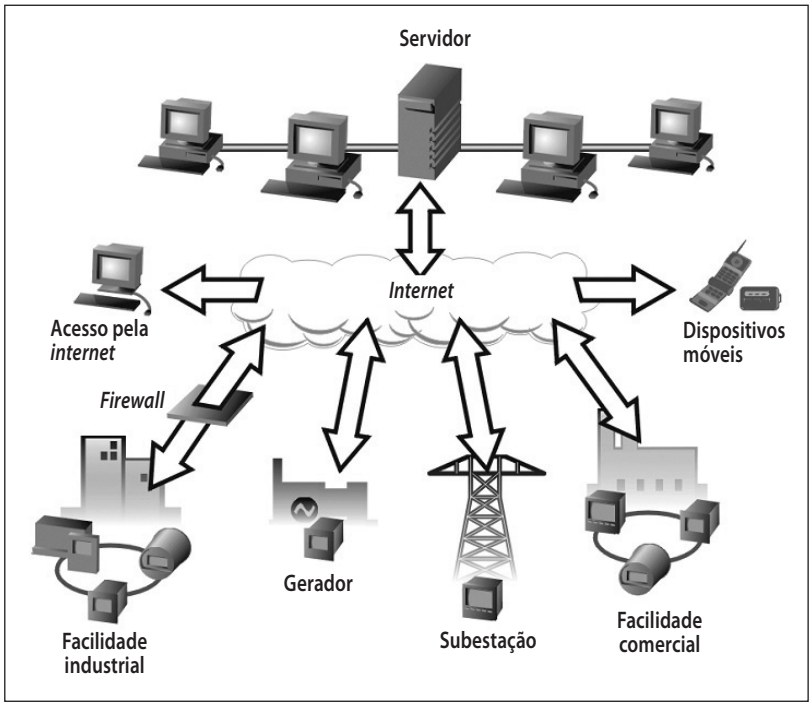
- Modelagem e Previsão: construção de modelos para o consumo de energia elétrica, envolvendo o monitoramento, coleta e tratamento matemático de dados;
- *Benchmarking*: comparação do consumo de energia de diferentes organizações uma com a outra ou utilização normas de referência reconhecidas;
- Análise 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 1 apresenta a composição típica de um sistema 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).

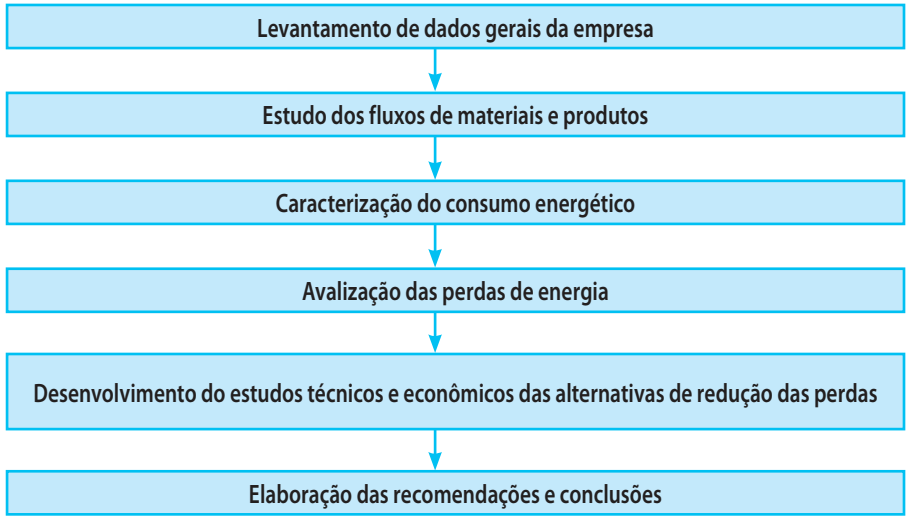
Figura 1 – Sistema informatizado de gestão energética empresarial.



Fonte: Adaptado de Van Gorp (2004b).

Estas atividades são decisivas, entretanto 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 (MARQUES *et al*., 2007). De forma geral, a auditoria energética pode ser executada conforme as etapas apresentadas na Figura 2.

Figura 2 – Etapas de uma auditoria energética.



Fonte: Marques *et al*., 2007.

Com o 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 no Quadro 1. Apesar de cada empresa apresentar diferenças substanciais e particularidades na forma como desenvolve os projetos, o Quadro 1 identifica os principais elementos que são comuns entre sistemas de gestão energética estratégica (COPPINGER, 2010; VAN GORP, 2004b).

Quadro 1 – Elementos de um sistema estratégico de gestão energética.

Elementos	
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.

2.2. Estrutura Tarifária Brasileira e suas características

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 industriais 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 Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), os quais estão vinculados à concessionária que atende seu endereço, sendo sujeitos a tarifas de energia (ARAÚJO *et al*., 2008).

A tarifação de energia elétrica a que os consumidores do setor elétrico brasileiro estão sujeitos dependerá, principalmente, do nível de tensão a que estiverem conectados, sendo divididos em grupos. Como definido em (ANEEL, 2011a), é considerado consumidor de baixa tensão (BT) aquele que está em tensão nominal igual ou inferior a 1 kV, media 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 MT e AT, a tarifa aplicada não é monômia, 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.

No novo modelo tarifário foram estabelecidasmodalidades tarifárias. 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 1 (ANEEL, 2011b; FUGIMOTO; TAHAN, 2009).

Tabela 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	Aplicável quando a demanda medida superar a contratada em 5%
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	
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	

Fonte: Adaptado de Monteiro e Rocha (2005).

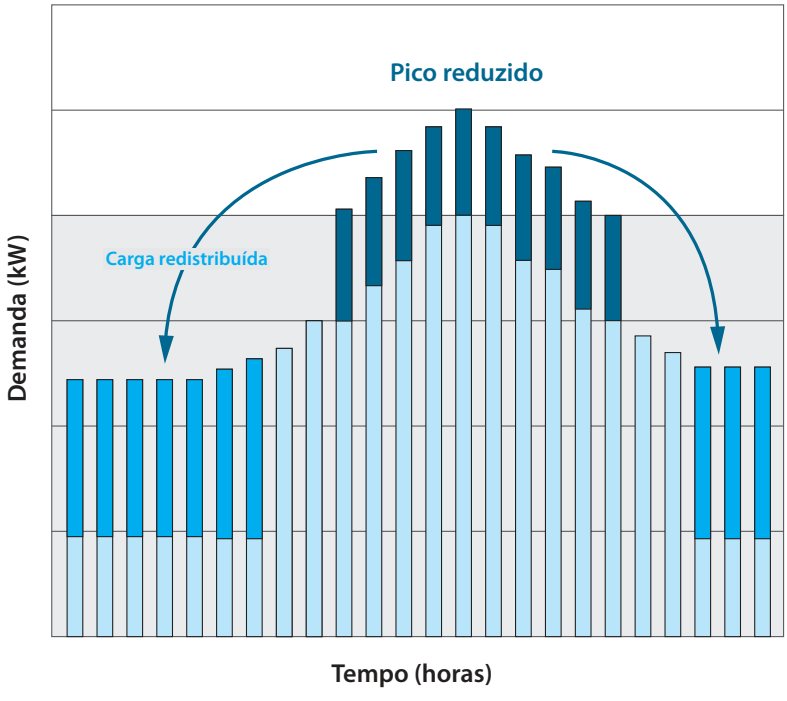
3. PROCESSO PARA REDUÇÃO DO CUSTO DA ENERGIA ELÉTRICA

O processo para redução do faturamento de energia elétrica, a seguir, está delineado 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 sua dinâmica de mudanças.

3.1. Redução do faturamento por ações técnicas

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). 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 de gerenciamento pelo lado da demanda, são conhecidos desde o início da indústria da eletricidade (LUO *et al*., 2010). No deslocamento da ponta ou deslocamento de carga (*Loadshifting*) o consumo na ponta é deslocado para fora dela, como representado na Figura 3 pela reprogramação das cargas ou utilização de armazenadores de energia (baterias, banco de gelo) (INAMDAR; HASABE, 2009; ZHONG *et al*., 2010).

Figura 3 – Deslocamento de carga.



Fonte: Adaptado de ETAP (2012).

A melhoria do fator de carga 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 é expresso como a razão da demanda média e demanda máxima ao longo de um ciclo de medição e 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. Dentre as formas de elevar o fator de carga, destaca-se a alternativa funcional, que visa especialmente a 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, para redução da corrente elétrica solicitada;
- Dimensionar corretamente as instalações e equipamentos de proteção;
- Efetuar manutenção preventiva, tanto das instalações quanto dos equipamentos.

3.2. Redução do faturamento por ações administrativas

Partindo do princípio constitucional de não cumulatividade de impostos, tem se a possibilidade de crédito de ICMS, PIS e COFINS. 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 (60 meses) 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; MELO, 2004).

A otimização contratual envolve basicamente duas ações: otimização 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 da forma apresentada pela Equação (1).

$$D = máx(D_{máx}, D_{con}) = D_{con} = D_{máx} + (D_{con} - D_{máx}) \quad (1)$$

Desta forma, o intuito é diminuir a distância entre a demanda registrada (máxima e média) e a demanda contratada, na forma expressa pela Equação (2).

$$D = máx \leftrightarrow (D_{con} - D_{máx}) = 0 \quad (2)$$

Esta ação elimina o faturamento da parcela que não foi utilizada para gerar trabalho, contribuindo com o sistema elétrico, ao eliminar uma parcela ociosa. A segunda ação é realizada escolhendo a modalidade tarifária que apresente o menor custo médio de energia. 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; BREIER, 2011).

4. ESTUDO DE CASO E RESULTADOS

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; PERERA, 2006).

4.1. Descrição do sistema elétrico sob estudo

Para exemplificar a aplicação do processo de redução do custo da energia elétrica com medidas de baixo custo, analisa-se a situação de uma empresa, do interior de São Paulo, que atua na produção de caldeiras e tecnologias correlatas 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 abordado na Seção 3. Nessa oportunidade, foram solicitadas as faturas de energia elétrica e foi conhecida a dinâmica do sistema de produção. A empresa disponibilizou as 11 faturas anteriores, e a partir destas foi traçado o perfil de consumo, como apresentado na Tabela 2.

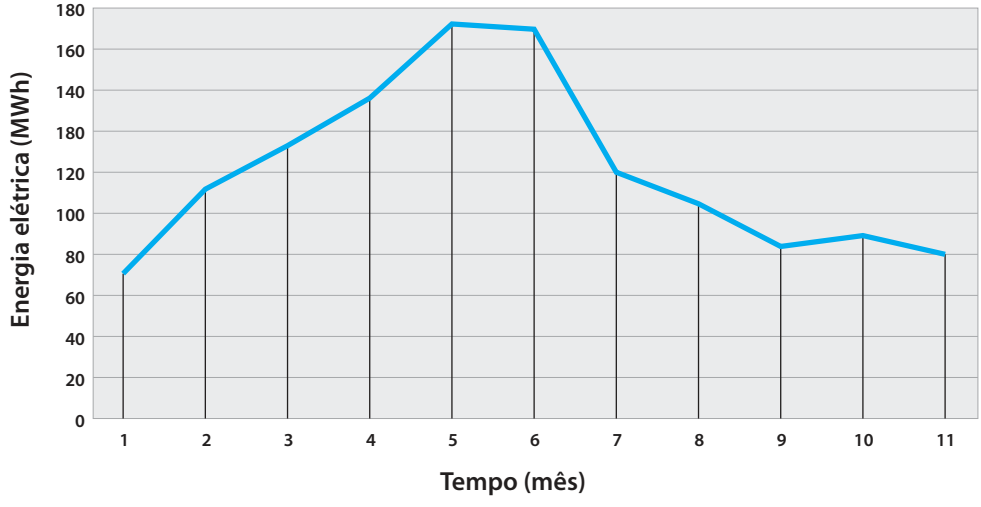
Tabela 2 – Características da contratação e fornecimento de energia elétrica.

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

Fonte: Dados da pesquisa.

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, pelo perfil sazonal do consumo de energia elétrica.

Figura 4 – Consumo de energia elétrica na indústria em estudo.

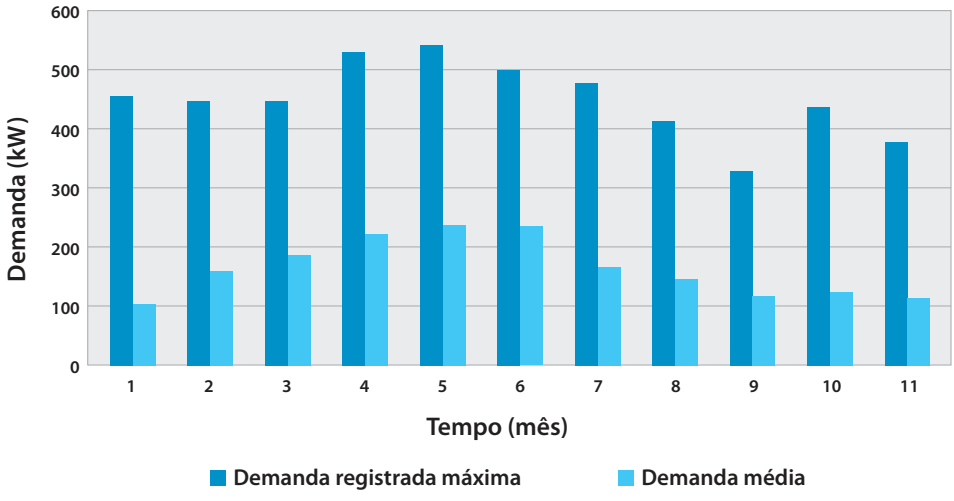


Fonte: Dados da pesquisa.

4.2. 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% (AES ELETROPAULO, 2007), o que representa um forte indício de aproveitamento ineficiente da energia contratada. A Figura 5 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 5 – Comparativo entre as demanda máxima e media.



Fonte: Dados da pesquisa.

Verificada estas situações pode-se analisar o beneficio econômico destas estratégias técnicas de redução do faturamento. O resultado é expresso na Tabela 3 e refere-se ao processo parcial com o deslocamento total da carga na ponta para fora dela e elevação do fator de carga para 0,76.

Tabela 3 – Resultados da otimização por ações técnicas.

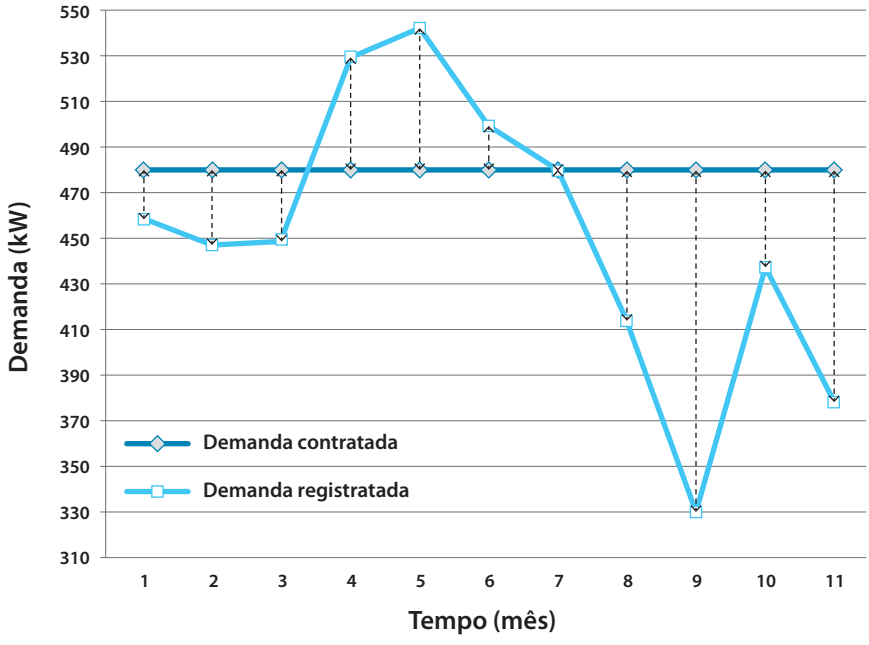
Parâmetro de consumo	Situação da empresa
Faturamento médio da energia	R$28.758,91
Economia média	R$11.622,79
Montante faturado (11 meses)	R$316.347,99
Montante economizado	R$127.850,64
Economia total	28,78%

Fonte: Dados da pesquisa.

4.3. 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) (ANEEL, 2011b). Entretanto, há problema no dimensionamento da demanda contratada, como pode ser visto na Figura 6, havendo multa por ultrapassagem (mês 5) e grandes desperdícios por *déficit* de utilização (mês 9).

Figura 6 – Comparação entre as demandas registrada e contratada.



Fonte: Dados da pesquisa.

A maior parte da energia utilizada pela 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 otimização por ações administrativas, como processo parcial, será conduzida isentando de impostos a parte industrial do consumo e aumentando 3kW na demanda contratada, de forma a corrigir a ultrapassagem mantendo a maior demanda registrada na faixa de 10% – faixa alterada para 5% pela (ANEEL, 2011b). O resultado é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados da otimização por ações administrativas.

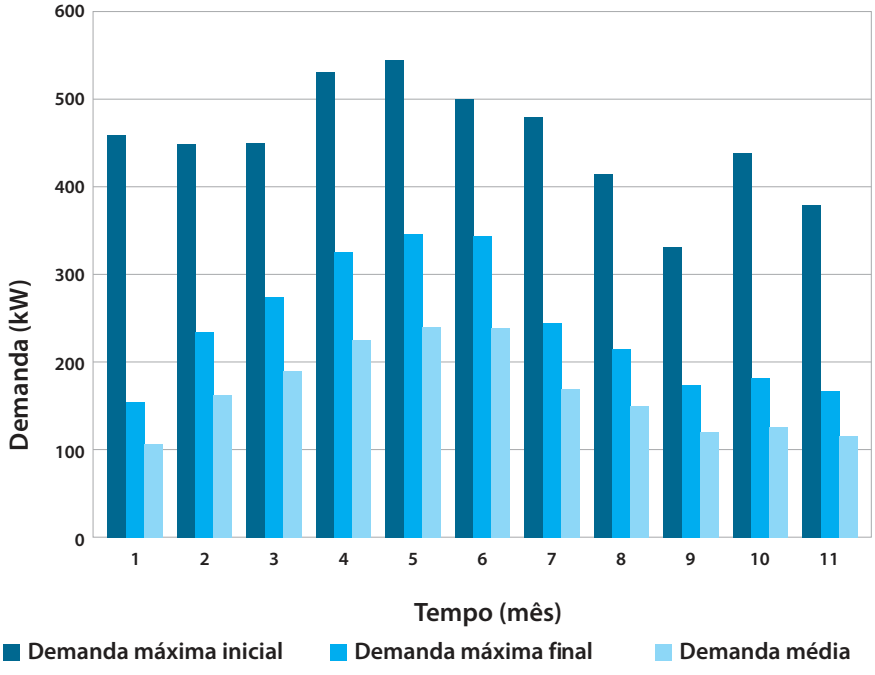
Parâmetro de consumo	Situação da empresa
Faturamento médio da energia	R$31.895,33
Economia média	R$8.486,36
Montante faturado (11 meses)	R$316.347,99
Montante economizado	R$93.349,98
Economia total	21,02%
Credito retroativo (5 anos)	R$552.356,46

Fonte: Dados da pesquisa.

4.4. Resultado da redução conjunta

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 uma melhor otimização da demanda contratada, fazendo com que esta possa ser reduzida em direção à demanda média (Figura 7). Desta forma, o resultado global do processo de gestão energética apresentado é uma combinação não linear dos dois tipos de ações.

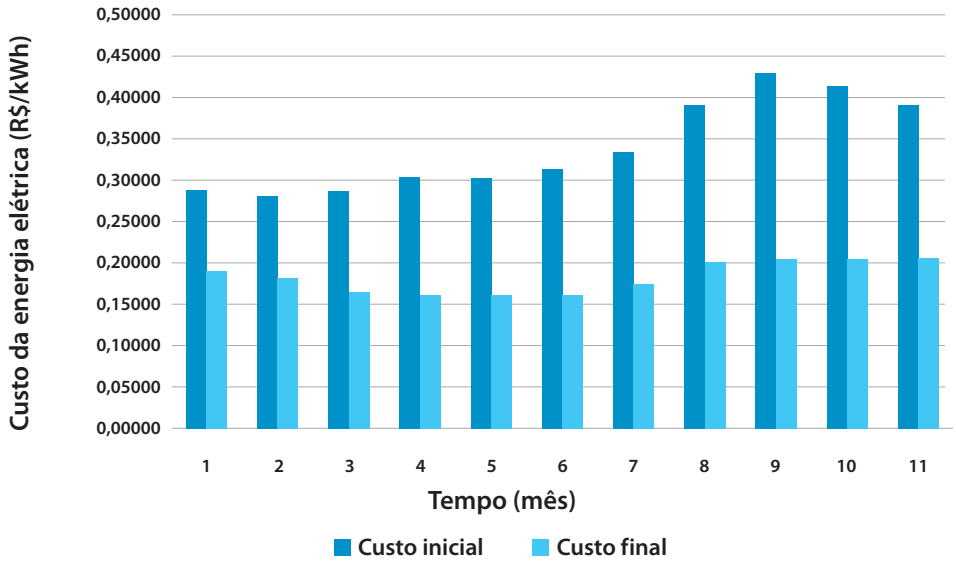
Figura 7 – Evolução da demanda máxima no processo de otimização.



Fonte: Dados da pesquisa.

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 8 e a demanda contratada possa ser reduzida de 480 kW para 311 kW.

Figura 8 – Evolução do custo da energia elétrica.



Fonte: Dados da pesquisa.

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 e mudou o perfil energético da empresa, gerando uma economia conforme apresenta a Tabela 5.

Tabela 5 – Redução no faturamento.

Fatura média Inicial	Fatura média Final	Economia Mensal média		Crédito Retroativo Acumulado
R$40.381,69	R$21.720,37	R$18.661,33	46,21%	R$784.966,86

Fonte: Dados da pesquisa.

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 12% ao ano,o valor presente do montante acumulado seria capaz de viabilizar projetos com custo de até R$1.158.027,93.

5. CONCLUSÕES

Os resultados 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, neste artigo 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, mesmo este tipo de empresa, 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, 2012). Em trabalhos futuros, pretende-se agregar medidas de eficiência energética, estudar a viabilidade econômica do novo processo e avaliar a provável superação da meta de 60%.

Além de ficar evidente o nível de oportunidades existentes, foi visto que indústrias de médio porte (como a referente ao caso estudado) podem a 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.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **ABNT NBR ISO 50001:2011**. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=087286>. Acesso em: 20 dez. de 2012.

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

ANEEL. Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição. *In*: **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional** – PRODIST. [S.l: s.n.].

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

ARAGÃO NETO, R. M. O fator humano e gestão energética. *In*: XII SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção. **Anais...** Bauru: Anais XII SIMPEP, 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.

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

CELESC DISTRIBUIÇÃO S.A. **Fator de Carga**. Disponível em: <http://portal.celesc.com.br/portal/home/index.php?option=com_content&task=view&id=120&Itemid=>. Acesso em: 15 dez. 2011.

COPPINGER, S. J. Developing a corporate-wide strategic energy management program 2010. *In*: IEEE-IAS/PCA 52nd Cement Industry Technical Conference. **Anais...** IEEE, mar. 2010.

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. *In*: 20th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution (CIRED). **Anais...** Prague: 2009.

IEEE. IEEE Recommended Practice for Energy Management in Industrial and Commercial Facilities. *In*: **IEEE Std 739-1995** (Bronze Book). [S.l: s.n.].

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

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

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

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

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

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. *In*: 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.

RANKY, P. G. Sustainable energy management and quality process models based on ISO 50001:2011 the International Energy Management Standard. *In*: 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, 2004.

SOLA, A.; KOVALESKI, J. Eficiência energética nas indústrias: cenários & oportunidades. *In*: XXIV ENEGEP – Encontro Nacional de engenharia de Produçao. **Anais...** Florianópolis: Anais do XXIV ENEGEP, 2006.

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

VAN GORP, J. C. Maximizing energy savings with enterprise energy management systems. *In*: 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.

WU, Y. Scientific Management – The First Step of Building Energy Efficiency. *In*: 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. *In*: 2006 International Conference on Power System Technology. **Anais...** IEEE, out. 2006.

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

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