

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

VANESSA MARTINS DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DA GESTÃO ENERGÉTICA EM UMA
INDÚSTRIA DE EMBALAGENS PLÁSTICAS: ESTUDO DE
CASO**

**DOURADOS
2014**

VANESSA MARTINS DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DA GESTÃO ENERGÉTICA EM UMA
INDÚSTRIA DE EMBALAGENS PLÁSTICAS: ESTUDO DE
CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso de
graduação apresentado para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia de Energia
na Faculdade de Engenharia, Universidade
Federal da Grande Dourados. Orientador:
Prof. Dr. Aureo Cezar de Lima

**DOURADOS
2014**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

O482 Oliveira, Vanessa Martins de.

a

Avaliação da gestão energética em uma indústria de embalagens plásticas : estudo de caso. / Vanessa Martins de Oliveira. – Dourados, MS : UFGD, 2014.

71f.

Orientadora: Prof. Dr. Aureo Cezar de Lima.

Monografia (Graduação em Engenharia de Energia) – Universidade Federal da Grande Dourados.

1.

Indicadores de gestão energética. 2. Avaliação tarifária. 3. Geração própria e controle de demanda. I. Título.

CDD – 621.31

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.

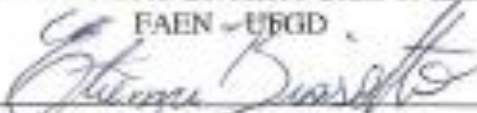
VANESSA MARTINS DE OLIVEIRA

AVALIAÇÃO DA GESTÃO ENERGÉTICA EM UMA INDÚSTRIA DE EMBALAGENS PLÁSTICAS: ESTUDO DE CASO

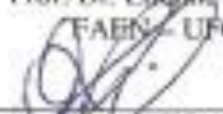
Trabalho de conclusão de curso aprovado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Energia na Faculdade de Engenharia, Universidade Federal da Grande Dourados pela comissão formada por:



Orientador: Prof. Dr. Aureo Cezar de Lima
FAEN – UFGD



Prof. Dr. Eljanin Biazotto
FAEN – UFGD



Prof. MSc. Gerson Bessa Gibelli
FAEN – UFGD

Dourados, 04 de agosto, 2014

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Delvani e Solange pelo apoio ao longo de minha vida acadêmica.

Ao meu orientador Aureo pela dedicação a este trabalho.

RESUMO

Será apresentado neste trabalho um estudo sobre a gestão energética de uma indústria de embalagens plásticas, instalada no estado do Mato Grosso do Sul, com demanda contratada igual a 780 kW e despesa anual com energia elétrica de R\$ 728.428,39. Foi analisado o contrato de demanda, a modalidade tarifária considerando a geração própria no horário da ponta e foram determinados os indicadores de gestão energética fator de carga, preço médio, consumo e custo específico. Os resultados obtidos propuseram o aumento do contrato de demanda para 810 kW, a permanência da tarifa verde e do uso da geração própria na ponta, verificando uma economia anual de até R\$ 988,81 em relação às demais opções simuladas. Outra proposta avaliada neste trabalho foi a instalação de um controlador de demanda na indústria.

Palavras chaves: Indicadores de gestão energética, avaliação tarifária, geração própria e controle de demanda.

ABSTRACT

Will be presented in this paper a study about energetic management of a plastic package industry, located in Mato Grosso do Sul, with contracted demand of 780 kW and annual expenses of R\$ 728.428,39. Analyzed the demand contract, the tariff modality considering the industry own generation during the peak hours and was determined the indicators of energetic management, such as power factor, average price, demand and specific cost. The results obtained proposed an increase to the demand contract to 810 kW, the maintenance of the green tariff and the usage of the industry own generation during the peak hours, obtaining an annual economy of up to R\$ 988,81 in comparison with other simulated options. The installation of a demand controller at the industry was another evaluated option in this study.

Keywords: Energetic management indicator, tariff evaluation, demand control and own generation

LISTA DE SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BNDS	Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social
C	Consumo (kWh)
C fp	Consumo fora de ponta (kWh)
C p	Consumo na ponta (kWh)
CAE	Custo anual equivalente (R\$)
COFIS	Contribuição Social para o Financiamento da Seguridade Social
CONPT	Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo Brasileiro
D	Demanda (kW)
D fp	Demanda fora da ponta (kW)
D p	Demanda na ponta (kW)
DAC	Demanda de potência ativa contratada (kW)
DAM	Demanda de potência ativa medida (kW)
DU	Valor correspondente à demanda de potência ativa excedente (R\$)
Eletrobras	Centrais Elétricas Brasileiras S.A
Enersul	Empresa Energética de Mato Grosso do Sul
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
F	Valor futuro (R\$)
F azul	Faturamento na modalidade tarifária azul (R\$)
F verde	Faturamento na modalidade tarifária verde (R\$)
FC	Fator de carga
FC fp	Fator de carga fora de ponta
FC médio	Fator de carga médio
FC p	Fator de carga na ponta
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
INMETO	Instituto Nacional de Metrologia
j	Taxa de juros
n	Período (anos)
NH	Número de horas (horas)
NH fp	Número de horas fora de ponta (horas)
NH p	Número de horas na ponta (horas)
NH total	Número de horas total (horas)
PEE	Programa de Eficiência Energética
Petrobras	Petróleo Brasileiro S.A
PGE	Programa de Gestão de Energia
PIS	Programa de Integração Social
PM	Preço médio (R\$/kWh)
PRD	Período de retorno simples (anos)
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PRS	Período de retorno descontado (anos)

TC	Tarifa de consumo (R\$/kWh)
TC fp	Tarifa de consumo fora de ponta (R\$/kWh)
TC p	Tarifa de consumo na ponta (R\$/kWh)
TD	Tarifa de demanda (R\$/kW)
TD fp	Tarifa de demanda fora de ponta (R\$/kW)
TD p	Tarifa de demanda na ponta (R\$/kW)
VP	Valor presente (R\$)

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Consumo de energia elétrica por setor no Brasil no período entre 2003 e 2012 ...	20
Figura 2 - Consumo de energia elétrica no setor industrial	20
Figura 3 - Fluxograma do processo de produção de embalagens plásticas na empresa analisada.	37
Figura 4 – Divisão da potência nominal das máquinas por setores da indústria.	38
Figura 5 – Determinação da melhor opção de contrato de demanda apresentada no relatório do diagnóstico energético relativo às faturas de energia entre janeiro e dezembro de 2004. ..	40
Figura 6 – Gráfico do faturamento da energia elétrica na modalidade tarifária verde e azul para os valores de consumo e demanda da empresa analisada no período de abril de 2013 a março de 2014.	48
Figura 7 – Gráfico das faturas de energia na modalidade tarifária azul e verde para o fornecimento exclusivo de energia pela concessionária Enersul.....	50
Figura 8 – Gráfico da despesa com energia elétrica utilizando o gerador no horário de ponta e a energia da concessionária fora de ponta no período de abril de 2013 a março de 2014, na empresa analisada.	51
Figura 9 - Demanda de potência elétrica medida, contratada e tolerada no período de abril de 2013 a março de 2014, para a empresa analisada.	53
Figura 10 - Gráfico da simulação do contrato de demanda para a modalidade tarifária verde para o período entre abril de 2013 e março de 2014 na indústria analisada.	54
Figura 11 – Relação entre Preço médio e o fator de carga para a modalidade tarifária verde.	55
Figura 12 – Fator de carga e preço médio da energia no período de abril de 2013 a março de 2014, na empresa analisada.	56
Figura 13 – Custo específico e preço médio na ponta e fora de ponta no período de abril de 2013 a março de 2014.	59
Figura 14 - Curva de demanda para quatro dias aleatórios do mês de dezembro de 2013 na indústria estudada.	60
Figura 15 – Curva de distribuição de frequência das demandas de energia para o mês de julho da empresa analisada.	61
Figura 16 – Avaliação técnica e econômica da instalação de um sistema de controle de demanda na indústria analisada.	63

Figura 17 - Comparação do custo específico e preço médio geral para demanda de 715 kW e 780kW, situação atual da indústria analisada. 64

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1 – Ações e resultados do sistema de monitoramento e gerenciamento de energia elétrica nas instalações do campus da Universidade de Brasília (UnB).	22
Tabela 2 - Ações e resultados da gestão energética de uma indústria de alimentos.....	23
Tabela 3 - Preço médio da energia elétrica na ponta e fora de ponta para diferentes fatores de carga.	32
Tabela 4 - Informações relativas à geração e utilização da energia elétrica da indústria analisada no período de faturamento entre abril de 2013 e março de 2014.	36
Tabela 5 - Levantamento de carga realizado na indústria analisada.....	37
Tabela 6 – Despesas com energia elétrica simulada e apresentada no diagnóstico energético relativo ao ano 2004.....	39
Tabela 7 - Dados das faturas referentes ao consumo de energia elétrica na ponta e fora de ponta referente ao período de abril de 2013 a março de 2014.....	41
Tabela 8 - Dados das faturas referentes à demanda de potência referente ao período de abril de 2013 a março de 2014.	41
Tabela 9 – Despesa com consumo e demanda de energia elétrica comprada da concessionária de energia no período de abril de 2014 a março de 2014.....	42
Tabela 10 – Informações sobre o sistema de geração própria instalado na indústria analisada.	42
Tabela 11 – Determinação do valor presente do sistema de geração própria instalado na indústria analisada.....	43
Tabela 12 – Determinação das parcelas anuais do sistema de geração própria instalado na indústria analisada.....	43
Tabela 13 – Consumo de combustível e energia gerada no horário de ponta para o período de abril de 2013 a março de 2014, na indústria analisada.	44
Tabela 14 – Gastos totais com a energia elétrica e no período de abril de 2013 a março de 2014.....	45
Tabela 15 – Tarifas de consumo e demanda da concessionária de energia do estado do Mato Grosso do Sul, vigente no ano de 2013.....	46
Tabela 16 - Simulação do faturamento da energia elétrica na modalidade tarifária verde e azul para os valores de consumo e demanda da empresa analisada no período de abril de 2013 a março de 2014.	47

Tabela 17 – Simulação das fatura de energia na modalidade tarifária azul e verde para o fornecimento exclusivo de energia pela concessionária Enersul.....	49
Tabela 18 – Despesa com energia elétrica utilizando o gerador no horário de ponta e a energia da concessionária fora de ponta no período de abril de 2013 a março de 2014, na empresa analisada	50
Tabela 19 – Despesas com energia elétrica simulada.	51
Tabela 20 – Simulação do contrato de demanda para a modalidade tarifária verde para o período entre abril de 2013 e março de 2014 na indústria analisada.	54
Tabela 21 – Consumo, custo específico e preço médio da energia elétrica no horário fora de ponta no período de abril de 2013 a março de 2014, na empresa analisada.	57
Tabela 22 – Consumo, custo específico e preço médio da energia elétrica no horário de ponta no período de abril de 2013 a março de 2014, na empresa analisada.	58
Tabela 23 – Consumo, custo específico e preço médio da energia elétrica geral no período de abril de 2013 a março de 2014, na empresa analisada.	58
Tabela 24 – Simulação do controle de demanda para no período de abril de 2013 a março de 2014, na empresa analisada.	62
Tabela 25 – Dados para a avaliação da viabilidade econômica para a implantação do controle de demanda na empresa analisada.	62
Tabela 26 - Resultados da avaliação da viabilidade econômica para a implantação do controle de demanda na empresa analisada.	63

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 Eficiência Energética.....	17
2.2 Caso 1 – Gerenciamento de Energia na UNB	22
2.3 Caso 2 – Gestão Energética em uma Indústria de Alimentos.....	22
2.4 Diagnóstico Energético	23
2.4.1 Determinação do preço da energia elétrica.....	24
2.5 Indicadores de Eficiência Energética	28
2.5.1 Fator de carga e preço médio	29
2.5.2 Consumo e custo específico.....	32
2.6 Determinação do Preço da Geração Própria.....	34
2.7 Análise de Viabilidade de Investimento.....	35
3 AVALIAÇÃO DA GESTÃO ENERGÉTICA DE UMA INDÚSTRIA DE EMBALAGENS PLÁSTICAS.....	36
3.1 Levantamento das Informações Energéticas na Indústria	38
3.1.1 Auditoria anterior	38
3.1.2 Levantamento das despesas com energia elétrica na indústria	40
4 SIMULAÇÃO E ANÁLISE DA GESTÃO ENERGÉTICA DA INDÚSTRIA.....	46
4.1 Análise da Modalidade Tarifária e Fornecimento de Energia Elétrica para a Indústria	46
4.2 Avaliação das Opções de Fornecimento de Energia e Modalidades Tarifárias.....	48
4.2.1 Simulação 1 – fornecimento de energia exclusiva pela Concessionária Enersul na modalidade tarifária azul e verde.....	49
4.2.2 Simulação 2 – fornecimento de energia pela Concessionária Enersul no horário fora de ponta e pela geração própria no horário de ponta para a modalidade tarifária azul ou verde ..	50
4.3 Análise da Demanda Contratada.....	52
5 INDICADORES DE GESTÃO ENERGÉTICA.....	55
5.1 Fator de Carga e Preço Médio da Energia.....	55
5.2 Consumo e Custo Específico	57
5.3 Avaliação da Viabilidade Econômica da Implantação do Controle de Demanda	60
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	65

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
ANEXO.....	71

1 INTRODUÇÃO

A demanda por energia apresenta-se em constante ascensão no mundo, seja pelo crescimento acelerado dos países em desenvolvimento e seus bilhões de habitantes, seja pela mudança de hábitos que as tecnologias modernas têm proporcionado às populações de países desenvolvidos (GALDINO; MOTHÉ, 2007).

Para atender a crescente demanda de energia elétrica preservando o meio ambiente e manter o atual nível de conforto alcançado pelo desenvolvimento científico e tecnológico, dois princípios devem ser seguidos, a expansão do parque gerador e o uso racional da energia (MANZINE, 2000).

Contraposto ao aumento do consumo observa-se as instabilidades políticas e sociais dos países produtores de petróleo, cujas reservas, dentro de algumas décadas, entrarão em depleção (GUARDABASSI, 2006). Com isso a sociedade percebeu há alguns anos que a energia não iria continuar barata e nem abundante como vinha sendo. Aumentando, assim, a preocupação com as formas de se economizar energia elétrica, utilizá-la de forma inteligente e evitar os desperdícios.

No Brasil, o setor industrial foi o maior consumidor de energia elétrica nos últimos anos, o que mostra uma oportunidade para uma proposta de gerenciamento de energia elétrica neste setor. Desta forma, é possível identificar oportunidades de redução das despesas com energia elétrica através de estudo dos processos, monitoramentos e projetos de gestão e eficiência energética.

Após a crise de energia no Brasil em 2001, as indústrias compreenderam o quanto é importante melhorar o uso final da energia elétrica, pois estas sofreram grandes restrições quanto ao uso de energia, o que acarretou em um decréscimo da produção (TONIM, 2009).

Em 2002 foi instituída a revisão tarifária extraordinária, que teve como objetivo eliminar as diferenças entre as tarifas de alta e baixa tensão, de forma que os consumidores pagassem o mesmo valor pela energia, e valores diferentes para encargos e uso do sistema de transmissão e distribuição. Assim os consumidores em alta tensão passaram a ter reajustes maiores em suas tarifas (TONIM, 2009).

Com isto, as indústrias constataram que, além de adotar medidas de eficiência energética, deveriam melhorar o gerenciamento das faturas de energia, analisando parâmetros como: consumo, demanda, fator de carga, custo e consumo específico, preço médio, fator de potência, e passaram a avaliar a melhor contratação de energia (TONIM, 2009).

Portanto, neste trabalho será analisado o contrato de demanda, a modalidade tarifária considerando a geração própria no horário da ponta, determinar os indicadores de gestão energética fator de carga, preço médio, consumo e custo específico. Por fim, será proposta a instalação de um controlador de demanda na indústria.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Serão abordados nos tópicos a seguir os conceitos de eficiência energética e gestão de energia. Serão apresentados dois estudos de caso em que a gestão foi aplicada e bem sucedida, o primeiro tratando do gerenciamento da energia na UnB, o segundo da gestão energética de uma indústria de alimentos.

2.1 Eficiência Energética

As ações de eficiência energética nas indústrias eletro-intensivas tornaram-se realidade há alguns anos, uma vez que o custo da energia elétrica tem se tornado mais representativo no processo produtivo deste ramo. Para as indústrias que possuem menores custos com energia elétrica, a prática da gestão energética e de ações de eficiência energética tornaram-se importantes a partir de 2001, ano em que as indústrias se viram obrigadas a limitar o consumo, frente ao racionamento no fornecimento de energia, devido à indisponibilidade de energia elétrica (TONIM, 2009).

Recentemente, a procura pela eficiência energética é motivada pelas questões das mudanças climáticas, decorrentes do aquecimento global do planeta e pelo custo elevado dos combustíveis fósseis. Ambos trouxeram novos argumentos para destacar a eficiência energética, uma vez que estão relacionados ao alto consumo de energia elétrica (EPE, 2010).

No Brasil, dentre as iniciativas de eficiência energética que vêm sendo empreendidas, estão o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO), o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), coordenado pelas Centrais Elétricas Brasileiras S.A (Eletrobrás) e o Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo Brasileiro S.A (CONPET), cuja coordenação executiva é de responsabilidade da Petróleo Brasileiro S.A (Petrobras). Há também uma linha de financiamento específica para apoio a projetos de eficiência energética, o PROESCO, criado pelo Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDS) (EPE, 2010).

O PBE fornece informações sobre o desempenho dos produtos, considerando atributos como a eficiência energética para que o consumidor possa tomar decisões de compra mais conscientes. Ele também estimula a competitividade da indústria, que deverá fabricar

produtos cada vez mais eficientes (INMETRO, 2014).

O PROCEL atua no segmento comercial e residencial, iluminação pública e serviços de saneamento. Atua em ações dirigidas à conservação de energia elétrica através da racionalização do uso da energia elétrica e de incentivos ao desenvolvimento de produtos mais eficientes e de menor custo (CAMPOS, 2004).

O CONPET busca a aplicação da eficiência energética no uso da energia em diversos setores residencial, industrial e de transporte. A principal ação do programa é racionalizar o consumo dos derivados do petróleo, reduzir a emissão de gases poluentes, promover a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico e fornecer apoio técnico para o aumento da eficiência no uso final da energia (CONPET, 2012).

O PROESCO, por sua vez, é um apoio fornecido pelo BNDS às empresas de serviços de conservação de energia, usuários finais de energia e empresas de geração, transmissão e distribuição de energia. O financiamento é fornecido para empreendimentos que contribuam para a economia de energia e que aumentem a eficiência global do sistema energético, ou que promovam a substituição de combustíveis fósseis por fontes renováveis (BNDS, 2012).

Ao longo desses anos, com a implantação destes programas, verificou-se que é possível retirar uma parcela do consumo de energia por meio de iniciativas na área de eficiência energética (EPE, 2010). Busca-se, assim, reduzir o consumo, o desperdício e as perdas, sem reduzir a qualidade e a quantidade dos serviços, de forma que a energia seja utilizada de forma inteligente (OLIVEIRA, 2006).

A implantação de um Programa de Eficiência Energética (PEE) é a primeira iniciativa, e visa reduzir os custos com a energia elétrica em uma empresa. É importante implantar um PEE para que as ações de eficiência não sejam isoladas e não percam seu efeito ao longo do tempo (HADDAD *et. al*, 2005).

O PEE visa otimizar a utilização da energia elétrica através de orientações, ações, controles sobre recursos humanos e materiais. Procura-se a redução dos índices globais e específicos da quantidade de energia elétrica necessária para a obtenção do mesmo resultado ou produto. O PEE é constituído de diagnóstico energético, controle dos índices e comunicação do programa e seus resultados (OLIVIERA, 2006).

As ações de eficiência energética visam observar as condições de operação, a fim de identificar pontos de desperdício de energia ou cuja utilização pode ser racionalizada. São avaliadas as condições de operação de motores, sistema de iluminação, transformadores, sistema de ar comprimido, condicionamento de ar e, além disso, busca-se analisar como a energia está sendo utilizado, e formas de melhorar o uso da energia disponibilizada, que é o

que trata a gestão energética (KRAUSE, 2002).

Neste trabalho apenas a gestão energética será abordada, por isto esse termo será mais aprofundado. Basicamente, a gestão de energia consiste no planejamento, análise, controle, comunicação e estabelecimento de ações no que se refere ao uso de energia em uma planta (HADDAD *et. al*, 2005).

A gestão energética, do ponto de vista empresarial, é definida como o uso criterioso e eficaz da energia, a fim de maximizar os lucros. É uma aplicação estruturada de uma série de técnicas de gestão que permite a organização identificar e implementar ações que reduzam o consumo e o custo com energia (BATISTA, 2013).

Segundo Morales (2007), a gestão é definida como o ato de administrar ou gerenciar. Este termo é utilizado em várias áreas para melhoramento de processos, produtos e serviços. São associadas a este termo, diversas técnicas e ferramentas para auxiliar nas decisões dos responsáveis pela gestão.

A gestão está ligada diretamente ao uso eficiente da energia. As ferramentas empregadas na busca pela eficiência são aquelas que fornecem dados a respeito do histórico de consumo de energia elétrica da unidade por uso final, utilizadas posteriormente para o acompanhamento e a verificação das iniciativas implementadas (MORALES, 2007).

As informações fornecidas pelas ferramentas de apoio, ou a partir de levantamentos nas unidades, podem ser utilizadas para gerir indicadores que poderão ser utilizados para a identificação do potencial de economia e da tendência de mudança no comportamento (MORALES, 2007).

Para Sobrinho (2011 *apud* CAPEHART, 2008), gestão é o uso eficiente da energia para diminuir custos, aumentar o lucro e melhorar a posição competitiva. A principal motivação para um programa de gestão de energia bem sucedido é a econômica.

A gestão possibilita analisar os processos produtivos e identificar projetos de eficiência energética, de forma que a quantidade de energia utilizada por tonelada produzida seja a menor possível (TONIM, 2009).

Principalmente para o setor industrial, a energia é um insumo básico e essencial. É sempre possível reduzir os gastos com os insumos de produção e, uma das alternativas, é atuar para diminuir os gastos com a fatura de energia, reduzindo assim o preço final do produto ou serviço prestado (TONIM, 2009).

A gestão energética e a eficiência energética vêm assumindo um lugar de destaque na política energética mundial. Isto devido a fatores como o aumento da demanda de energia elétrica, a diminuição da disponibilidade de combustíveis fósseis, as emissões de poluentes

resultantes da geração de energia elétrica, dentre outros (GOMES, 2009).

O setor industrial é um dos setores mais incentivados pelas políticas de gestão de energia, uma vez que neste setor pode-se alcançar os maiores benefícios decorrentes da implementação deste tipo de política. Este setor também representa o segmento mais representativo no consumo de eletricidade, como pode ser verificado na Figura 1. A Figura 2 mostra que no setor industrial os motores elétricos respondem por 55 % do consumo de eletricidade.

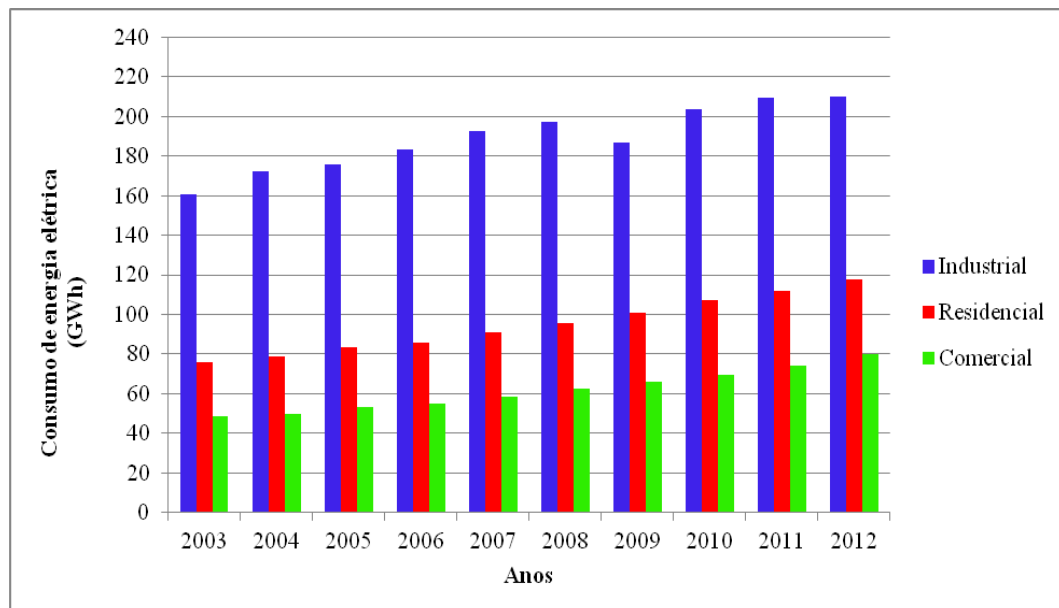


Figura 1 - Consumo de energia elétrica por setor no Brasil no período entre 2003 e 2012 .

Fonte: (Adaptado de EPE, 2013).

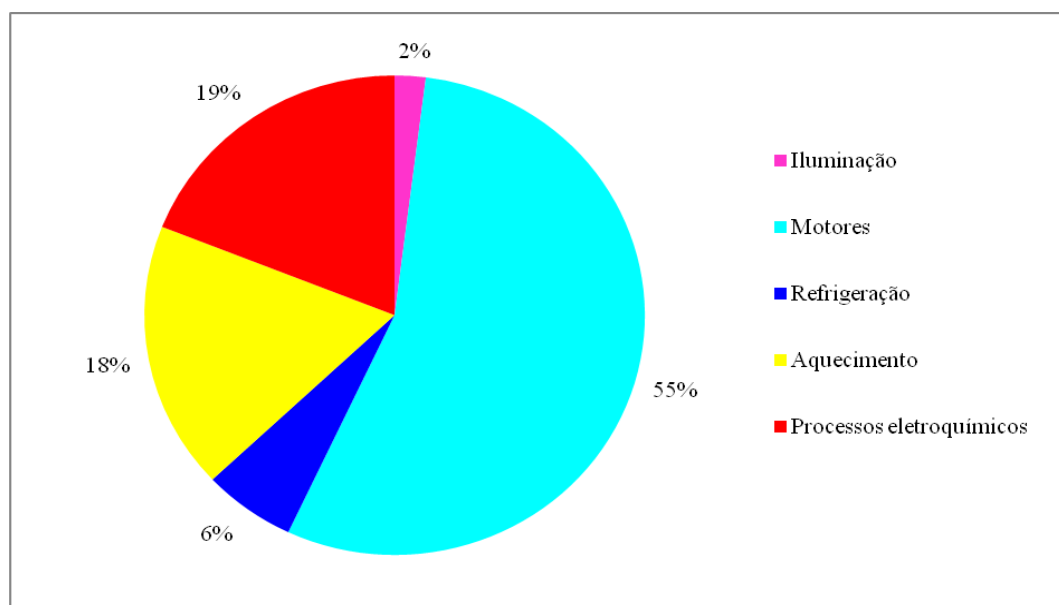


Figura 2 - Consumo de energia elétrica no setor industrial

Fonte: (Adaptado de Barbosa, 2010).

O consumo industrial compreende, em média, a 55% do consumo total dos três setores (comercial, industrial e residencial), o que denota a importância em se atuar para diminuir a demanda de energia desse setor.

Avalia-se que o setor industrial como um todo obtenha, no final de 2019, ganhos de eficiência energética que possam chegar a mais de 9.242 GWh, o que equivale a 2,5% do total do consumo de energia elétrica projetada para o ano de 2019. Em termos de geração evitada, essa economia equivale à energia produzida anualmente por uma usina termelétrica a carvão com potência de 1.400 MW (EPE, 2010).

É neste contexto que surge o Programa de Gestão de Energia (PGE) na indústria. O PGE visa otimizar a utilização de energia por meio de propostas, ações e controles sobre recursos humanos, materiais e econômicos (GOMES, 2009). Objetiva-se reduzir os índices globais específicos do uso da energia necessária à obtenção do mesmo resultado ou produto (HADDAD *et. al*, 2005).

Tanto para o lado da oferta quanto para o lado da demanda, a otimização do uso de energia elétrica é interessante. Para o primeiro evita-se o investimento para ampliação da rede e da capacidade de geração e, para o segundo, a otimização representa uma alternativa para a redução nos custos da produção, uma vez que a simples mudança dos procedimentos e hábitos pode ser responsável por significativas economias (BATISTA, 2013).

Segundo Nogueira (1991), uma boa gestão pode ser obtida através de um bom planejamento da produção, pois, assim, é possível se diminuir o tempo de funcionamento de equipamentos que consomem mais energia, ou evitar que equipamentos de grande potência entrem em operação juntos.

Enfim, a gestão energética vai além da conservação de energia, busca também reduzir o custo da energia, o que não implica necessariamente em reduzir o consumo. A vantagem desta estratégia é a necessidade de pequenos investimentos, ou nulos, diferente dos projetos de eficiência energética que, muitas vezes, necessitam de grandes investimentos (BATISTA, 2013).

A gestão energética tem a finalidade de reduzir custo com a energia e aumentar a produtividade, a partir da supervisão de grandezas como tensão, corrente e potência. A redução do custo de energia se dá otimizando os contratos de demanda e eliminando ultrapassagens (OLIVEIRA, 2006).

Serão apresentados a seguir, casos em que foram implantadas ações de gestão energética. As análises compreenderam a avaliação da modalidade tarifária, análise de demanda e fator de potência. Os casos apresentados são exemplos que, como simples ações de

gestão, pode-se obter significativas economias sem, no entanto, prejudicar o processo produtivo.

2.2 Caso 1 – Gerenciamento de Energia na UNB

O primeiro caso analisado traz um estudo sobre um sistema de monitoramento e gerenciamento de energia elétrica nas instalações do *campus* da Universidade de Brasília (UnB). Este sistema gera um banco de dados com informações sobre as grandezas elétricas, tais como consumo, demanda, tensão, corrente e fator de carga. Na Tabela 1 estão sintetizadas as ações e resultados do projeto (OLIVEIRA, 2006).

Tabela 1 – Ações e resultados do sistema de monitoramento e gerenciamento de energia elétrica nas instalações do campus da Universidade de Brasília (UnB).

Ação	Economia	Investimento	Tempo de retorno
Otimização tarifária e de demanda	R\$ 221.000,00	-	-
Deslocamento de carga	R\$ 108.453,16	-	-
Correção do fator de potência	R\$ 15.600,00	R\$ 5.616,00	6 meses

Fonte: (Adaptado de OLIVEIRA, 2006).

Na primeira análise foi realizada a avaliação do enquadramento tarifário e da demanda contratada. Sob as condições estudadas a unidade consumidora obteve redução de 34% da fatura de energia elétrica. Neste estudo de caso, através das curvas de demanda, observou-se que havia excesso de cargas no horário de ponta, optou-se em limitar o horário de uso de algumas cargas, o que acarretou em uma redução estimada de R\$ 108.453,16. A última ação realizada foi corrigir o fator de potência que estava abaixo de 0,92. Isto foi realizado através da instalação de bancos de capacitores e obteve-se uma economia de R\$ 15.600,00, com custo de implantação aproximado de 36% do valor economizado, com retorno do investimento em apenas seis meses (OLIVEIRA, 2006).

2.3 Caso 2 – Gestão Energética em uma Indústria de Alimentos

Neste caso o autor propôs um modelo de gestão de energia elétrica em uma indústria

de alimentos tendo como base as faturas de energia. Analisando-se as fatura de energia verificou-se o potencial para gestão energética na indústria, uma vez que foi observado o pagamento de multas por ultrapassagem de demanda na ponta. A solução proposta foi a instalação de um controlador de demanda (TONIM, 2009).

Priorizaram-se as cargas essenciais e desligaram-se cargas não prioritárias do processo produtivo e, assim, foram eliminadas as ocorrências de ultrapassagens de demanda na ponta retirando-se 300 kW deste horário. Outra ação de gestão energética foi a instalação de bancos de capacitores para correção do fator de potência conforme resultados apresentados na Tabela 2 (TONIM, 2009).

Tabela 2 - Ações e resultados da gestão energética de uma indústria de alimentos.

Ação	Economia
Controle da demanda	R\$ 61.546,32
Correção do fator de potência	R\$ 7.150,00

Fonte: (Adaptado de TONIM, 2009).

2.4 Diagnóstico Energético

O primeiro passo para o desenvolvimento de um diagnóstico de gestão energética em uma indústria é conhecer como a energia é utilizada na instalação. Os dados mensais e históricos citados a seguir são importantes para a execução deste diagnóstico (GOMES, 2009):

- Consumo de energia e demanda dos últimos doze meses;
- Dados relativos a auditorias anteriores;
- Principais equipamentos consumidores de energia elétrica da instalação;
- Períodos de funcionamento dos equipamentos;
- Plantas da fábrica e diagramas de processo.

Os dados citados podem ser obtidos através de entrevistas com os profissionais que atuam no processo produtivo ou administrativo da empresa, encarregados pela manutenção

mecânica e elétrica e a partir de levantamentos em campo realizados pelo próprio consultor.

A gestão dos gastos com energia elétrica em uma indústria inicia-se com a análise dos dados disponíveis nas faturas de energia elétrica e no contrato de fornecimento de energia com a concessionária, onde se obtém o consumo e a demanda da indústria. Nesta análise busca-se avaliar as despesas mensais e as oportunidades de redução do custo da fatura de energia. Dados de auditorias anteriores fornecem parâmetros de comparação para a elaboração dos novos trabalhos.

O levantamento, as medições elétricas e o monitoramento das grandezas elétricas das cargas fornecem informações sobre a contribuição de cada equipamento no consumo e na demanda total da empresa e, desta forma, auxiliam na identificação das máquinas onde as medidas de eficiência trarão maiores benefícios.

2.4.1 Determinação do preço da energia elétrica

O custo da energia elétrica sofre influência de vários fatores, dentre eles estão os níveis de tensão de fornecimento que, divididos em baixa e alta tensão, quanto maior mais barata é a tarifa de energia elétrica. Os grupos de tensão são divididos em (ANEEL, 2010):

Grupo A: grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 kV, ou atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundária, caracterizado pela tarifa binômica aquela que é constituída por valores aplicáveis ao consumo de energia elétrica ativa e à demanda faturável. O grupo A é subdividido nos seguintes subgrupos:

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

Grupo B: grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em

tensão inferior a 2,3 kV. Este grupo é caracterizado pela tarifa monômnia que consiste em um valor aplicado apenas ao consumo de energia elétrica ativa. O grupo B é subdividido nos seguintes subgrupos:

- a) subgrupo B1 – residencial;
- b) subgrupo B2 – rural;
- c) subgrupo B3 – demais classes;
- d) subgrupo B4 – Iluminação Pública

O sistema tarifário convencional aplica valores de tarifa para a demanda e consumo, não havendo distinção entre horário de ponta e fora de ponta.

Os sistemas tarifários existentes no país buscam repassar a variação do custo de produção ao consumidor através dos preços, ou tarifas, de consumo de energia e de demanda. Ainda como forma de induzir o comportamento diário e semanal do uso da energia, estas tarifas foram criadas de maneira que, em horários onde se apresentam maiores custos do sistema elétrico de potência, seus preços também seja maiores. Sobre este mesmo aspecto, nos horários do dia e dias da semana onde o fator de utilização do sistema elétrico é pequeno e a demanda fornecida pela capacidade instalada é baixa, as tarifas possuem preços menores, de forma a estimular o uso da energia nestes períodos.

O sistema tarifário convencional aplica valores de tarifa para a demanda e consumo, não havendo distinção entre horário de ponta e fora de ponta.

O sistema tarifário azul é caracterizado pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo e de demanda de energia elétrica, assim, possui duas tarifas de demanda e duas de consumo. A tarifa de consumo é diferenciada nas horas de utilização do dia, designadas período fora de ponta e ponta e períodos do ano, caracterizado como período seco e período úmido.

O sistema tarifário verde, por sua vez, é caracterizado pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo para o horário de ponta e fora de ponta, todavia, possui somente uma tarifa de demanda de energia elétrica. Na área de concessão Enersul, o horário de ponta é adotado das 17:30h até as 20:30h e o horário fora de ponta, o restante das horas.

Até o ano de 2009 no Mato Grosso do Sul, havia também a modalidade energia denominada como extra que era praticada no horário de ponta. Esta modalidade tratava-se de um consumo para atender necessidades temporárias, acima do consumo de referência no horário de ponta, sendo mais barata que a tarifa verde e azul no horário de ponta (DIÁRIO-

MS, 2009).

Está definido para entrar em vigor, a partir de 2015, uma mudança no modelo tarifário brasileiro, no que se refere ao período seco e úmido. A partir deste ano, ao invés de um período fixo no ano, determinado entre maio a novembro como período seco e de dezembro a abril como período úmido, onde as tarifas de consumo são diferentes, entra em vigor a bandeira tarifária verde, amarela e vermelha para esta finalidade.

A bandeira verde representa que há condições favoráveis de geração de energia, a amarela indica condições de geração menos favoráveis e a vermelha, condições mais custosas para a geração de energia elétrica. As tarifas terão valores crescentes e serão informadas aos consumidores quando se encontram na condição verde, amarela ou vermelha (ANEEL, 2013).

No modelo atual, todo ano as tarifas de energia elétrica sofrem reajustes proporcionais aos gastos com a geração do ano anterior, então, se a geração de energia de um ano não foi favorável o reajuste para o ano seguinte será maior. No novo modelo tarifário, o conceito muda para caracterizar, ao invés do “sinal” sazonal, período seco e úmido, caracterizar o “sinal” verde, amarelo e vermelho, associado às variações do custo marginal de operação no mesmo ano. Assim, o consumidor perceberá a variação do preço de liquidação das diferenças de encargos de segurança do sistema por segurança energética no processo tarifário no mesmo ano, ao invés do ano seguinte, como no modelo atual (ANEEL, 2013).

Considerando que, em certos períodos, os preços da energia ou da demanda tornam-se elevados, uma terceira opção às tarifas azul e verde de fornecimento da concessionária de energia, é a instalação de sistema de geração de energia pelo próprio consumidor. Esta unidade de geração própria pode possibilitar, além de menores custos de energia para períodos específicos, um sistema de energia emergencial que entrará em funcionamento na falta da concessionária. Como desvantagens a este sistema, pode-se citar o aumento dos encargos administrativos da empresa para o gerenciamento e manutenção deste sistema e o aumento da poluição, uma vez que se trata de uma fonte de energia que utiliza, normalmente, combustíveis fósseis.

O enquadramento tarifário dependerá do nível de tensão da unidade consumidora e da demanda da mesma. Se o valor da demanda for menor que 300 kW e a tensão de fornecimento inferior a 69 kV, a unidade consumidora pode se enquadrar nos três tipos de tarifa convencional, verde e azul. Para tensões inferiores a 69 kV e demanda maior ou igual a 300 kW, a unidade consumidora pode se enquadrar na estrutura horo-sazonal azul ou verde e se a unidade consumidora está conectada a uma tensão igual ou superior a 69 kV somente se enquadra na estrutura horo-sazonal azul (BARROS *et. al*, 2010).

Especificamente para a indústria analisada neste trabalho, uma vez que seu fornecimento de energia é na tensão 13,8 kV e sua demanda é superior a 300 kW, o consumidor tem como opção tarifária o sistema denominado como azul ou verde.

Para a análise do custo na energia é necessário a apresentação das equações utilizadas para a obtenção das despesas associadas ao fornecimento de energia pela concessionária, e o custo da geração própria de energia. As equações 1 e 2 serão utilizadas para a determinação das despesas com energia para os consumidores enquadrados na modalidade tarifária azul e verde (BATISTA, 2013).

$$F_{Azul} = TC_P \cdot C_P + TC_{FP} \cdot C_{FP} + TD_P \cdot D_P + TD_{FP} \cdot D_{FP} \quad (1)$$

Onde:

F_{azul} - Faturamento modalidade tarifária azul (R\$)

TC_P - Tarifa de consumo na ponta (R\$/kWh)

C_P - Consumo na ponta (kWh)

TC_{fp} - Tarifa de consumo fora da ponta (R\$/kWh)

C_{fp} - Consumo fora ponta (kWh)

TD_P - Tarifa de demanda na ponta (R\$/kW)

D_P - Demanda na ponta (kW)

TD_{fp} - Tarifa de demanda fora da ponta (R\$/kW)

D_{fp} - Demanda fora da ponta (kW)

$$F_{Verde} = TC_P \cdot C_P + TC_{FP} \cdot C_{FP} + TD \cdot D \quad (2)$$

Onde:

F_{verde} - Faturamento modalidade tarifária verde (R\$)

TC_P - Tarifa de consumo na ponta (R\$/kWh)

C_P - Consumo na ponta (kWh)

TC_{fp} - Tarifa de consumo fora da ponta (R\$/kWh)

C_{fp} - Consumo fora ponta (kWh)

TD - Tarifa de demanda (R\$/kW)

D - Demanda (kW)

Conforme Aneel (2010) existe diferença entre a demanda medida, a demanda faturável, a demanda contratada e a demanda de ultrapassagem. Demanda medida é a maior demanda de potência ativa verificada por medição, integralizada em intervalos de 15 minutos durante o período de faturamento; demanda contratada consiste-se na potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela distribuidora, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixados em contrato, e que deve ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento.

A demanda faturável trata do valor da demanda de potência ativa considerada para fins de faturamento, com aplicação da respectiva tarifa. Por fim, a demanda ultrapassagem incide quando os montantes de demanda de potência ativa medidos exceder em mais de 5% dos valores contratados, denominado limite de tolerância. O faturamento da demanda de ultrapassagem é aplicado a diferença entre a demanda medida e a demanda contratada, multiplicado pelo dobro da tarifa de demanda vigente (Equação 3):

$$DU = [DAM - DAC] \times 2 \times TD \quad (3)$$

Onde:

DU - Valor correspondente à demanda de potência ativa excedente (R\$)

DAM - Demanda de potência ativa medida (kW)

DAC - Demanda de potência ativa contratada (kW)

TD - Tarifa de demanda (R\$/kW)

2.5 Indicadores de Eficiência Energética

O acompanhamento do histórico das despesas com energia elétrica não é suficiente para caracterizar uma empresa quanto à eficiência na gestão energética. Isto ocorre, principalmente, pela variação na produção da empresa e pela forma que esta energia é utilizada. Desta forma, para indicar a gestão energética de uma unidade consumidora, define-se que, quando uma indústria consegue desenvolver o mesmo serviço, ou fabricar o mesmo produto, com uma demanda ou consumo de energia menor, esta realizou o processo com maior eficiência energética. Dentre os indicadores de gestão energética mais utilizados

destacam-se o fator de carga e o preço médio, consumo e o custo específico da energia elétrica (BATISTA, 2013).

2.5.1 Fator de carga e preço médio

Segundo Krause (2002) o fator de carga é um indicador que permite ao gestor de energia identificar se a energia elétrica disponibilizada pela concessionária está sendo bem utilizada. É um índice que varia entre zero e um e representa uma relação entre o consumo de energia e a demanda integrada em um determinado espaço de tempo.

Um fator de carga mais próximo da unidade significa que as cargas elétricas estão sendo utilizadas de forma racional ao longo do tempo. Um baixo fator de carga, por sua vez, indica a existência de picos de demanda de energia elétrica em curtos períodos de tempo, o que sinaliza que a energia não está sendo utilizada de forma uniforme (OLIVEIRA, 2006).

A utilização da demanda de energia elétrica de forma uniforme e racional, conforme caracterizado pelo autor, está relacionado ao dimensionamento e o investimento nos equipamentos do sistema elétrico de potência e nas instalações internas do consumidor. Considerando que o desenvolvimento de um serviço, ou a fabricação de um produto, depende da energia, ou seja, integral da demanda de potência no tempo de realização do processo, normalmente é possível para a empresa obter diferentes curvas de demanda para o desenvolvimento de um mesmo processo.

Uma vez que se mantém o processo e o tempo de execução constante, a menor demanda possível, denominada demanda média, consiste-se na relação direta do consumo pelo tempo. Quando a demanda máxima é igual à demanda média, o fator de carga é igual à unidade. Um fator de carga igual à unidade significa menor investimento, tanto no setor elétrico, quanto nas instalações internas do consumidor, uma vez que o dimensionamento dos condutores, chaves, transformadores e demais equipamentos é realizado em função da demanda máxima de energia.

O tempo para o cálculo do fator de carga pode ser estipulado em 730 horas por mês, que é igual ao número médio de horas em um mês médio, ou seja, calculado pelo número de horas no ano dividido por número de meses.

Definidos o número de horas a serem considerados, para consumidores enquadrados nas tarifas horo-sazonal verde e azul, o fator de carga pode ser calculado conforme as

equações 4 a 6 (HADDAD *et. al*, 2005):

$$FC_{médio} = \frac{C}{D \times NH_{Total}} \quad (4)$$

Onde:

$FC_{médio}$ -Fator de carga médio

C - Consumo (kWh)

D - Demanda (kW)

NH_{Total} - Número de horas (horas)

$$FC_{Ponta} = \frac{C_P}{D_P \times NH_P} \quad (5)$$

Onde:

FC_P -Fator de carga na ponta

C_P - Consumo na ponta (kWh)

D_P - Demanda na ponta (kW)

NH_P - Número de horas no horário de ponta (horas)

$$FC_{FP} = \frac{C_{FP}}{D_{FP} \times NH_{FP}} \quad (6)$$

Onde:

FC_{fp} -Fator de carga fora de ponta

C_{fp} - Consumo fora de ponta (kWh)

D_{fp} - Demanda fora de ponta(kW)

NH_{fp} - Número de horas no horário fora de ponta (horas)

De acordo com Oliveira (2006), deve-se verificar o fator de carga das últimas 12 faturas de energia elétrica e montar uma planilha com os valores encontrados. Através destes dados, verificam-se os meses onde o fator de carga está mais próximo da unidade, avaliam-se os fatos ocorridos, e buscam-se formas de gestão para manter o fator de carga neste valor.

Para a avaliação da gestão energética de uma unidade consumidora é possível se obter dois fatores de carga diferentes, um considerando a demanda faturada e outro, a medida. Adotando-se a demanda faturada obtém-se fator de carga de faturamento, apropriado para o cálculo do preço médio da energia elétrica. Por outro lado, ao se adotar a demanda registrada para o cálculo, o fator de carga refletirá, com maior exatidão, o modo como a energia está sendo utilizada pela unidade consumidora.

Um consumidor faturado com tarifa monômnia, exclusivamente consumo de energia, como o caso da maioria dos consumidores residenciais, o preço médio da energia coincide com a própria tarifa de consumo, acrescida dos impostos e taxas definidas por unidade de energia. Todavia, para a tarifa binômnia, com a inserção da demanda de potência na conta e, conseqüentemente, sua variação ao longo dos meses, para avaliação da gestão energética é necessário uma metodologia que determine o preço de cada unidade de energia. Este indicador de gestão energética é denominado preço médio da energia e dado em R\$/kWh.

Considerando as diferentes formas de utilização da energia, e sua associação com o fator de carga, consumidores de uma mesma modalidade tarifária, sujeitos às mesmas tarifas, podem apresentar preços médios de energia diferentes (HADDAD *et. al*, 2005).

O preço médio pode ser calculado utilizando-se as equações 7 e 8. Pode se observar, a partir da equação 8 que, quanto maior o fator de carga, menor será o preço médio da energia elétrica pago pela unidade consumidora.

$$PM = \frac{Fatura}{Consumo_{total}} \quad (7)$$

Onde:

PM - Preço médio (R\$/kWh)

Fatura - Fatura de Energia Elétrica (R\$)

Consumo_{total} - Consumo total de energia elétrica (kWh)

$$PM = \frac{Fatura}{Demanda \times NH \times FC} \quad (8)$$

Onde:

PM- Preço médio (R\$/kWh)

Fatura - Fatura de Energia Elétrica (R\$)

Demanda- Demanda de energia Elétrica (kW)

NH- Número de horas (horas)

FC - Fator de carga

Menores valores para o indicador de gestão energética preço médio de energia representa, para o consumidor, além de um menor custo da energia utilizada, um melhor aproveitamento dos equipamentos e um aumento na vida útil da instalação elétrica, uma vez que, aumentando o fator de carga, reduz-se a simultaneidade de funcionamento das cargas e, conseqüentemente, a demanda e o carregamento dos transformadores, equipamentos e cabos. É apresentada na Tabela 3 a variação do preço médio da energia para as modalidades tarifárias azul e verde em função do preço médio (HADDAD *et. al*, 2005).

Tabela 3 - Preço médio da energia elétrica na ponta e fora de ponta para diferentes fatores de carga.

FC	Preço médio (R\$/kWh)	
	Azul	Verde
0,1	0,775	0,393
0,3	0,373	0,294
0,4	0,3226	0,281
0,5	0,292	0,274
0,6	0,272	0,269
0,7	0,258	0,265
0,8	0,247	0,262
0,9	0,239	0,260

Fonte: (Adaptado de HADDAD *et. al*, 2005).

De acordo com a Tabela 3 observa-se que, para consumidores sujeitos apenas às tarifas verde e azul, onde se encontram os alimentados em média tensão e com demanda acima de 300 kW, modalidade tarifária azul torna-se economicamente mais interessante para fatores de carga superiores a 0,7 (HADDAD *et. al*, 2005).

2.5.2 Consumo e custo específico

O consumo específico designa o total de energia produzida para o processamento de determinado produto ou prestação de um serviço (Equação 9). A importância deste indicador consiste-se na possibilidade do acompanhamento do desempenho energético da indústria ao longo do tempo, bem como a comparação entre outras unidades consumidoras que atuam no mesmo setor. Muitas variáveis podem influenciar no consumo específico tais como clima, férias, instalação de novos equipamentos, paradas programadas ou não programadas, variação de produção, dentre outros (HADDAD *et. al*, 2005).

Quando o consumo não depende da produção, tais como o consumo de sistema de iluminação e o sistema de condicionamento de ar, recomenda-se a criação de mais de um consumo específico, sendo um global e outros específicos por setor ou máquina. Acompanhar simplesmente a variação do consumo (kWh) mensal não é suficiente, pois, após implementar medidas para a economia de energia elétrica, o consumo pode aumentar, devido a um aumento de produção. Assim, ações de gestão energética buscam a redução do consumo específico, e não necessariamente a redução do consumo de energia elétrica (HADDAD *et. al*, 2005).

$$\text{Consumo específico} = \frac{\text{Consumo de energia}}{\text{Produção}} \quad (9)$$

Outro indicador que deve ser obtido no processo de gestão energética é o custo específico, calculado utilizando a Equação 10 e 11.

$$\text{Custo específico} = \frac{\text{Fatura de energia}}{\text{Produção}} \quad (10)$$

$$\text{Custo específico} = PM \times \text{Consumo específico} \quad (11)$$

Para reduzir o custo específico é necessário um menor preço médio ou consumo específico. De acordo Haddad *et. al* (2005), a redução do consumo específico pode ser realizada diminuindo-se a potência ou o tempo de funcionamento do equipamento.

Para a obtenção de menores preços médios, de acordo com o mesmo autor, devem-se

possuir contratos de demanda adequados, transferir cargas do horário de ponta para o horário fora de ponta e utilizar o melhor enquadramento tarifário.

2.6 Determinação do Preço da Geração Própria

Para se determinar custo da geração própria de energia elétrica são necessárias as equações da matemática financeira. Assim, de posse dos dados referentes ao grupo gerador, o valor presente do investimento total e do valor residual ao final de sua vida útil (VR) é dado pela Equação 12. As parcelas anuais podem ser obtidas utilizando-se a equação 13 (LIMA, 2003).

$$VP = \frac{F}{(1 + j)^n} \quad (12)$$

Onde:

VP - Valor presente (R\$)

F - Valor futuro (R\$)

j - Taxa de juros (%)

n - Número de período (anos)

$$CAE = VP_1 \left[\frac{j \cdot (1 + j)^n}{(1 + j)^n - 1} \right] - VP_2 \left[\frac{j \cdot (1 + j)^n}{(1 + j)^n - 1} \right] \quad (13)$$

Onde:

CAE - Custo anual equivalente (R\$)

VP₁ - Valor presente do investimento total (R\$)

VP₂ - Valor presente do valor residual do grupo gerador (R\$)

j - Taxa de juros (%)

n - Número de período (anos)

Equivalente à tarifa de demanda, dada em R\$/kW, é a parcela mensal do custo anual equivalente. O custo da energia fornecida, por sua vez, equivale a tarifa de consumo, dado em R\$/kWh, considera os gastos variáveis que são formados pelo preço do óleo diesel, óleo

lubrificante, elemento filtro e manutenção. A soma mensal destes gastos, dividida pela potência fornecida pelo gerador, fornece o custo da energia fornecida pela geração própria.

2.7 Análise de Viabilidade de Investimento

A análise de viabilidade simples, chamada de *payback*, ou também de período de retorno simples (PRS) pode ser obtida pela soma do investimento dividido pela soma das economias (Equação 14).

$$PRS = \frac{\text{Investimento}}{\text{Economia}} \quad (14)$$

Onde:

PRS – Período de retorno simples (R\$)

Para uma análise mais elaborada pode-se utilizar o período de retorno descontado (PRD), que considera ao valor do custo do capital (Equação 15).

$$PRD = n \cdot PRS \cdot \frac{(1 + j)^n \cdot i}{(1 + j)^n - 1} \quad (15)$$

Onde:

PRD – Período de retorno descontado (R\$)

j - Taxa de juros ()

n - Número de período (anos)

3 AVALIAÇÃO DA GESTÃO ENERGÉTICA DE UMA INDÚSTRIA DE EMBALAGENS PLÁSTICAS

A indústria avaliada situa-se no estado do Mato Grosso do Sul e desenvolve, como atividade principal, a produção e impressão em embalagens plásticas. Esta empresa opera de forma ininterrupta durante seis dias por semana ao longo dos doze meses do ano.

A indústria possui 4.848,2 m² de área construída e sua produção no período analisado, abril de 2013 a março de 2014, foi 4.198,05 ton, o que equivale a uma produção média mensal de 349,8 toneladas de embalagens. O fornecimento de energia elétrica é realizado pela concessionária do estado, Empresa Energética de Mato Grosso do Sul (Enersul), através de uma rede de distribuição na tensão nominal de 13,8 kV. Internamente às suas instalações, possui um subestação abrigada de 900 kVA, onde estão instalados três transformadores de 300 kVA com tensão secundária de 380/220 V e três geradores que somam a potência total de 972 kW conforme diagrama unifilar apresentado no anexo 1. A empresa está classificada na modalidade tarifária horo-sazonal verde, subgrupo A4. Na Tabela 4 são apresentados os dados relativos ao consumo de energia elétrica da indústria para o período avaliado.

O processo de produção, conforme o fluxograma apresentado na Figura 3, inicia-se no setor de extrusão, onde a matéria-prima, o polietileno, é transformado em plástico. O Polietileno vem em pequenos grânulos que são processados através da extrusora. O plástico pronto segue para o setor de impressão, onde é feita a transferência mecânica de tinta.

O setor de laminação é responsável por fornecer à embalagem melhores propriedades de barreira, somando propriedades aos filmes através da união de duas ou mais camadas através de um adesivo. No setor de acabamento, as máquinas refiladeiras transformam o material impresso em bobinas menores e as máquinas de corte e solda fornecem o padrão final das embalagens.

Tabela 4 - Informações relativas à geração e utilização da energia elétrica da indústria analisada no período de faturamento entre abril de 2013 e março de 2014.

Parâmetro de consumo	Situação da empresa
Potência instalada	2.786,63 kW
Demanda média mensal registrada	798,7 kW
Consumo médio mensal de energia	301.310,70 kWh
Despesa média mensal com energia	R\$ 58.387,85
Gasto anual com energia	R\$ 728.428,39
Geração média mensal de energia	26.956,07 kWh
Consumo médio mensal de óleo diesel	10.994,36 l
Despesa média mensal com óleo diesel	R\$ 27.063,04
Gasto anual com a geração própria	R\$ 359.422,88

Fonte: (Elaboração própria com base nos dados fornecidos pela indústria estudada).

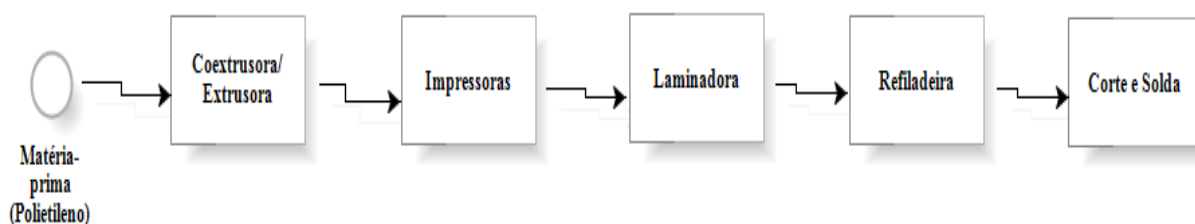


Figura 3 - Fluxograma do processo de produção de embalagens plásticas na empresa analisada.

Fonte: (Elaboração própria).

Através dos dados de placa de motores e manuais das máquinas, foi levantada a carga da indústria, onde os 356 motores e resistências elétricas e outros equipamentos, sistematizados em setores, estão apresentados na Tabela 5 e na Figura 4.

Tabela 5 - Levantamento de carga realizado na indústria analisada.

Sector	Máquina	Potência Motores (kW)	Potência Resistências (kW)	Potência Outros (kW)	Potência Total (kW)
Extrusão	Extrusora 01	84,71	86,85		171,56
	Extrusora 02	42,01	29,00		71,01
	Extrusora 03	42,01	29,00		71,01
	Extrusora 04	89,86	36,00		125,86
	Extrusora 05	100,28	32,90		133,18
	Coextrusora	247,22	159,88		407,10
Impressão	Impressora 01	72,10	90,63		162,73
	Impressora 02	23,72	166,50		190,22
	Impressora 03	38,84	166,50		205,34
	Impressora 04	23,72	166,50		190,22
	Impressora 05	72,10	90,63		162,73
Laminação	Laminadora 01	22,61		3,40	26,01
	Laminadora 02	66,30		27,00	93,30
	Laminadora 03	24,21		18,00	42,21
Acabamento	Refiladeira 01	46,62			46,62
	Refiladeira 02	64,87			64,87
	Refiladeira 03	23,00			23,00
	Refiladeira 04	23,00			23,00
	Refiladeira 05	30,51			30,51
	Refiladeira 06	23,00			23,00
	Corte e Solda 01	16,53	11,14		27,67
	Corte e Solda 02	10,76	3,55		14,31
	Corte e Solda 03	1,22	4,47		5,69
	Corte e Solda 04	1,22	4,10		5,32
	Corte e Solda 05	19,75	12,35		32,10
	Corte e Solda 06	24,69	11,55		36,24
	Corte e Solda 07	1,47	3,75		5,22
	Corte e Solda 08	14,54	3,77		18,31
	Corte e Solda 09	10,52	5,44		15,96
	Corte e Solda 10	11,37	4,71		16,07
Periféricos	Compressor 01	40,89			40,89
	Compressor 02	40,89			40,89
	Compressor 03	24,53			24,53
	Refrigeradores	89,91			89,91
	Bomba	2,44			2,44
Outros	Insufladores	71,00			71,00
	Recuperador	8,89			8,89
	Torno	7,16			7,16
	Aspirador	4,44			4,44
TOTAL		1562,92	1119,22	48,40	2730,54

Fonte: (Elaboração própria com base no levantamento de carga realizado).

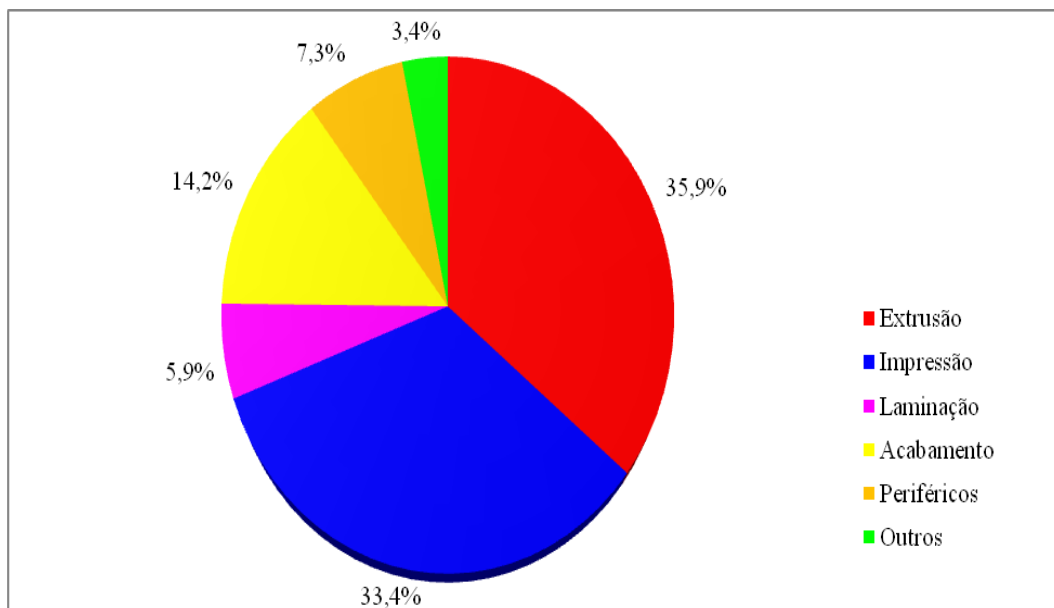


Figura 4 – Divisão da potência nominal das máquinas por setores da indústria.
Fonte: (Elaboração própria com base no levantamento de carga feito).

3.1 Levantamento das Informações Energéticas na Indústria

As informações relativas às auditorias anteriores, potências dos equipamentos, faturas de energia, funcionamento do gerador e levantamento de carga foram obtidas na própria empresa com início em agosto de 2013 e término em julho de 2014. Assim, autorizado pela gerência da empresa, foram obtidos documentos como faturas de energia, relatório de auditoria e controle de funcionamento do sistema de geração própria. Conjuntamente com a obtenção dos documentos, foram levantadas as cargas das máquinas e realizadas entrevistas com os funcionários, o que resultou nos dados apresentados a seguir.

3.1.1 Auditoria anterior

Com o objetivo de propor medidas que aumentem a eficiência da instalação, em 2005 foi realizado na empresa um diagnóstico energético analisando o período de janeiro de 2004 a dezembro de 2004. Neste diagnóstico foi verificada a opção tarifária sob três situações diferentes para o horário de ponta, primeira, utilizando a energia extra, segunda, utilizando o

gerador e terceira, utilizando energia normal da concessionária.

As tarifas válidas para cada simulação, no período analisado no diagnóstico, eram de 0,217 R\$/kWh para energia extra e 0,45 R\$/kWh para o gerador a diesel. A tarifa de consumo azul e verde no horário da ponta consistia-se de 0,233 R\$/kWh e 1,022 R\$/kWh respectivamente e, 0,124 R\$/kWh, para o horário fora de ponta, uma vez que são iguais. Os resultados obtidos da auditoria realizada, considerando as três simulações, são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Despesas com energia elétrica simulada e apresentada no diagnóstico energético relativo ao ano 2004.

Simulação	Média anual R\$		Diferença em relação à verde (R\$)	
	Verde	Azul	Verde	Azul
Energia Extra na ponta	44.990,17	72.058,47	0	27.068,29
Gerador na ponta	47.995,97	75.064,27	0	27.068,29
Energia normal na ponta	63.531,76	72.094,50	0	8.562,73

Fonte: (Adaptado do diagnóstico energético realizado em 2005).

No diagnóstico foi constatado que a utilização da modalidade verde era mais econômica nas três condições, quando se utiliza energia extra da concessionária, utilizando o sistema de geração própria e quando paga-se a tarifa normal da concessionária no horário da ponta. Ainda analisando a Tabela 6, o diagnóstico apresentava a comparação entre a energia extra, o uso de gerador e o uso de energia da concessionária no horário de ponta, todos para a tarifa verde. Verificou-se que, no período analisado, a economia média mensal utilizando a energia extra em relação ao uso do gerador era de R\$ 3.005,8, ou de R\$ 36.069,61 anuais e, quando se compara com a energia normal da concessionária, era de R\$ 18.541,59, ou ainda, um total de R\$ 222.449,09 anuais.

A conclusão apresentada no diagnóstico indicava para a empresa continuar utilizando a energia extra no horário de ponta enquanto o seu preço fosse abaixo de R\$ 0,45/kWh, que representava o custo da geração própria.

O valor contratado da demanda também foi avaliado no diagnóstico energético. De acordo com o relatório, observadas as faturas de janeiro a dezembro de 2004, a maior demanda verificada na ponta e fora de ponta foram 570 kW e 563 kW, respectivamente, para uma demanda contratada de 500 kW. Foram feitas simulações de contratação de novos

valores de demanda variando entre 480 kW e 570 kW. Como resultado da simulação do contrato de demanda, o relatório indicou o valor de 520 kW como melhor opção, trazendo uma economia de R\$ 1.750,08 por ano, conforme pode ser observado na Figura 5.

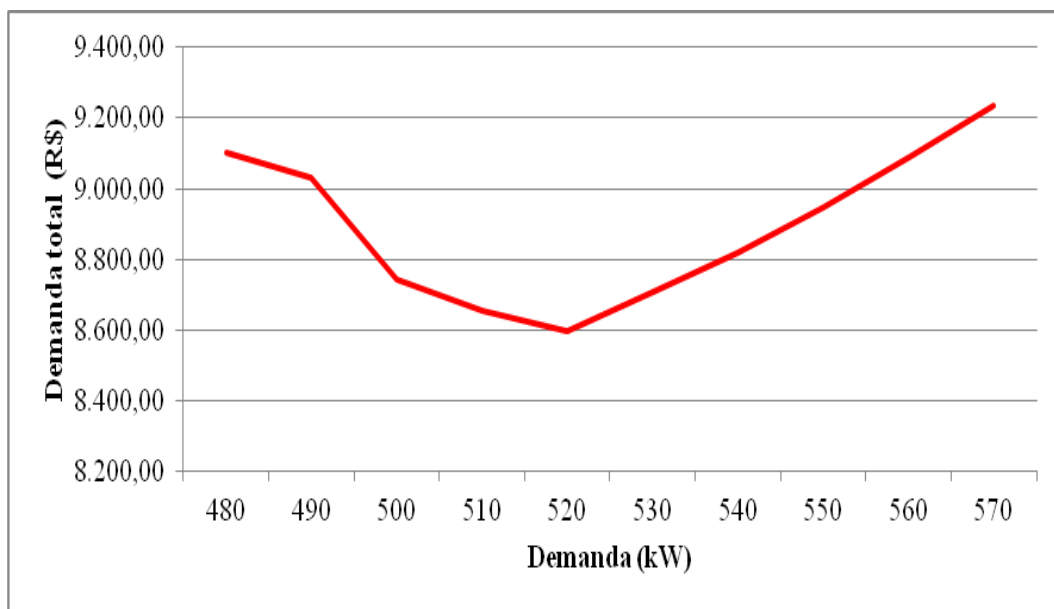


Figura 5 – Determinação da melhor opção de contrato de demanda apresentada no relatório do diagnóstico energético relativo às faturas de energia entre janeiro e dezembro de 2004.
Fonte: (Adaptado do diagnóstico energético realizado em 2005).

3.1.2 Levantamento das despesas com energia elétrica na indústria

As análises apresentadas a seguir foram realizadas com base nos dados obtidos das faturas e memória de massa da energia elétrica da empresa analisada. Na Tabela 7 são apresentados os dados relativos ao consumo de energia elétrica, na Tabela 8, a demanda de potência e, na Tabela 9, a consolidação das informações, apresentando a despesa com energia fornecida pela Enersul.

Uma vez obtidas as despesas com a energia fornecida pela concessionária Enersul, é necessária a determinação dos gastos com o sistema de geração própria instalado na indústria, que se encontram em funcionamento desde 2001. Assim, a partir do emprego da metodologia apresentada no tópico 2.6 e, utilizando-se os dados relativos aos geradores existentes na indústria, conforme informações dispostas na Tabela 10, calcula-se o custo da geração energia

em R\$/kWh e da demanda em R\$/kW.

Tabela 7 - Dados das faturas referentes ao consumo de energia elétrica na ponta e fora de ponta referente ao período de abril de 2013 a março de 2014.

ENERGIA (kWh)									
MÊS	Energia ponta (kWh)	Energia na Ponta (R\$)	Energia FP (kWh)	Energia FP (R\$)	Energia reativa P (R\$)	Energia reativa FP (R\$)	Total da energia ativa (kWh)	Total da energia ativa (R\$)	Total da fatura (R\$)
abr/13	199,00	224,49	298.839,00	32.349,32	36,95	38,21	299.038,00	32.573,81	32.648,97
mai/13	229,00	247,48	304.472,00	47.685,99	45,67	52,72	304.701,00	47.933,47	48.031,86
jun/13	473,00	507,71	301.952,00	49.538,23	72,76	62,04	302.425,00	50.045,94	50.180,74
jul/13	234,00	251,16	303.069,00	49.721,49	93,06	53,78	303.303,00	49.972,65	50.119,49
ago/13	220,00	236,15	289.591,00	47.510,29	111,03	38,99	289.811,00	47.746,44	47.896,46
set/13	201,00	215,75	277.994,00	45.607,69	110,60	51,60	278.195,00	45.823,44	45.985,64
out/13	211,00	226,48	318.504,00	52.253,76	144,96	75,37	318.715,00	52.480,24	52.700,57
nov/13	10.770,00	11.560,62	334.404,00	54.862,32	119,73	180,76	345.174,00	66.422,94	66.723,43
dez/13	16.345,00	17.544,88	292.724,00	48.024,29	77,98	359,06	309.069,00	65.569,17	66.006,21
jan/14	4.860,00	5.216,77	282.539,00	46.353,34	131,04	308,18	287.399,00	51.570,11	52.009,33
fev/14	3.898,00	4.184,15	302.014,00	49.548,41	139,30	230,92	305.912,00	53.732,56	54.102,78
mar/14	281,00	301,62	271.705,00	44.575,92	158,00	133,94	271.986,00	44.877,54	45.169,48

Fonte: (Elaboração própria com base nos dados das faturas da indústria estudada).

Tabela 8 - Dados das faturas referentes à demanda de potência referente ao período de abril de 2013 a março de 2014.

DEMANDA(kW)							
MÊS	Demanda contratada (kW)	Demanda tolerada (kW)	Demanda Verificada (kW)	Demanda ultrapassada (kW)	Multa por ultrapassagem (R\$)	Valor da Demanda sem multa (R\$)	Valor total da Demanda (R\$)
abr/13	780,00	819,00	706,04			11.302,20	11.302,20
mai/13	780,00	819,00	820,28	40,28	915,96	9.326,58	10.242,54
jun/13	780,00	819,00	790,27	10,27		8.606,04	8.606,04
jul/13	780,00	819,00	799,23	19,23		8.703,61	8.703,61
ago/13	780,00	819,00	762,04			8.494,20	8.494,20
set/13	780,00	819,00	732,48			8.494,20	8.494,20
out/13	780,00	819,00	850,75	70,75	1.540,93	9.264,66	10.805,59
nov/13	780,00	819,00	893,31	113,31	2.467,89	9.728,14	12.196,03
dez/13	780,00	819,00	850,08	70,08	1.526,34	9.257,37	10.783,71
jan/14	780,00	819,00	829,92	49,92	1.087,25	9.037,82	10.125,07
fev/14	780,00	819,00	790,27	10,27		8.606,04	8.606,04
mar/14	780,00	819,00	760,03			8.494,20	8.494,20

Fonte: (Elaboração própria com base nos dados das faturas da indústria estudada).

Tabela 9 – Despesa com consumo e demanda de energia elétrica comprada da concessionária de energia no período de abril de 2014 a março de 2014.

MÊS	Faturado (R\$)
abr/13	43.951,17
mai/13	58.274,40
jun/13	58.786,78
jul/13	58.823,10
ago/13	56.390,66
set/13	54.479,84
out/13	63.506,16
nov/13	78.919,46
dez/13	76.789,92
jan/14	62.134,40
fev/14	62.708,82
mar/14	53.663,68
TOTAL	728.428,39

Fonte: (Elaboração própria com base nos dados das faturas da indústria estudada).

Tabela 10 – Informações sobre o sistema de geração própria instalado na indústria analisada.

Potência total (kW)	972
Preço do grupo gerador (R\$)	911.913,48
Consumo de óleo diesel (l/h)	153,36
Consumo de óleo lubrificante (l/h)	0,48
Custo do óleo diesel (R\$/l) ¹	2,46
Custo do óleo lubrificante (R\$/h) ²	4,47
Custo do óleo diesel (R\$/h)	377,51
Custo do elemento filtro (R\$/h) ³	12,48
Custo de manutenção (R\$/h)	4,98
Valor residual (20 anos) (R\$)	638.339,40

Fonte: (Elaboração própria com base nos dados obtidos junto à empresa).

O preço pago pelo sistema de geração própria foi atualizado para maio de 2014. O óleo lubrificante é trocado a cada 250 horas de uso do grupo gerador, que equivale a três trocas por ano, totalizando R\$ 3.222,00 por ano. O filtro é trocado a cada 125 horas, ou seja, seis trocas por ano, com um custo anual de R\$ 8.999,46. Para obtenção do custo por hora foi considerado o tempo de funcionamento anual, ou seja, 60 horas por mês, durante os doze

¹ Média dos valores do preço do óleo diesel no período de abril de 2013 a março de 2014.

² Valor vigente em junho de 2014. Óleo lubrificante = 8,05 R\$/l

³ Valor vigente em junho de 2014. Custo da troca do elemento filtro igual a R\$ 1.498,41 para o grupo gerador.

meses. Para o cálculo do valor residual do sistema de geração foi considerado 70% do preço do grupo gerador, conforme valor indicado em Lima (2003).

Utilizando-se a taxa de juros anual informada pela empresa de 10% e a Equação 12, determina-se o valor presente do sistema de geração própria, Tabela 11. A partir da Equação 13, determina-se as parcelas anuais, Tabela 12.

Conforme apresentado na Tabela 12, o custo das parcelas anuais é igual a R\$ 106.679,15, equivalente a doze parcelas mensais de R\$ 8.889,93. Foi calculado também o custo variável mensal da geração própria, através do consumo e preço do óleo diesel, isto porque os gastos com os outros componentes (óleo lubrificante, filtro e manutenção) representam apenas 5% dos gastos totais mensais. Sabendo-se que o sistema de geração própria não opera em sua potência nominal, 972 kW, foi calculada o custo do consumo e de demanda para a média das demandas verificadas durante o período estudado, o que representa o valor anual equivalente da operação do grupo gerador, ou seja, 798,2 kW, obtendo-se, assim, o custo de demanda de R\$ 11,3/kW e do consumo é de R\$ 0,50/ kWh.

Tabela 11 – Determinação do valor presente do sistema de geração própria instalado na indústria analisada.

Descrição	Custo total do projeto	Valor residual
Custo total do projeto (F)	R\$ 1.003.104,74	R\$ 638.339,4
Taxa de juros (j)	10 % a.a	10 % a.a
Número de período (n)	0 anos	20 anos
Valor Presente (VP)	R\$ 1.003.104,74	R\$ 19.683,9

Fonte: (Elaboração própria).

Tabela 12 – Determinação das parcelas anuais do sistema de geração própria instalado na indústria analisada.

Descrição	Valores
Valor presente do custo total do projeto (P1)	R\$ 1.003.104,74
Valor presente do valor residual (P2)	R\$ 19.683,9
Taxa de juros (j)	0,1 a.a
Número de período (n)	20 anos
Parcela anual (CAE)	R\$ 106.679,15

Fonte: (Elaboração própria).

Considerando-se que não havia disponível informação de demanda e de consumo de energia elétrica no horário da ponta da indústria, foi necessário estimar estes valores. Assim, utilizando-se as informações da energia fornecida pelo controlador de cada gerador e o nível do reservatório de combustível, levantou-se a relação energia por consumo de combustível. Para esta relação se obteve 3,566 kWh/l, que será utilizado como constante neste trabalho, considerando que o equipamento funcione em uma estreita faixa de fornecimento de potência, onde há linearidade na relação entre as grandezas envolvidas.

Uma vez que há controle mensal do consumo de combustível na indústria analisada, utilizando-se a relação entre energia e consumo de diesel, determinou-se a energia utilizada no horário da ponta apresentada na Tabela 13.

Tabela 13 – Consumo de combustível e energia gerada no horário de ponta para o período de abril de 2013 a março de 2014, na indústria analisada.

MÊS	Consumo de diesel (l/mês)	Energia gerada (kWh/mês)
abr/13	11.406,30	40.681,89
mai/13	10.225,20	36.469,36
jun/13	10.512,50	37.494,05
jul/13	11.594,10	41.351,70
ago/13	11.004,30	39.248,11
set/13	11.282,70	40.241,06
out/13	13.185,20	47.026,54
nov/13	11.913,50	42.490,88
dez/13	7.809,71	27.854,24
jan/14	11.139,00	39.728,54
fev/14	11.076,70	39.506,33
mar/14	10.783,10	38.459,18

Fonte: (Elaboração própria).

Considerando as despesas com a energia elétrica, adquirida da concessionária Enersul, Tabela 9 e as despesas com a geração própria no horário de ponta, Tabela 10, obtém-se as despesas totais com energia elétrica para o período entre abril de 2013 e março de 2014, conforme pode ser verificado na Tabela 14.

Tabela 14 – Gastos totais com a energia elétrica e no período de abril de 2013 a março de 2014

MÊS	Concessionária (R\$)	Gerador (R\$)	TOTAL
abr/13	43.951,17	29.366,48	73.317,65
mai/13	58.274,40	27.260,22	85.534,62
jun/13	58.786,78	27.772,56	86.559,34
jul/13	58.823,10	29.701,39	88.524,49
ago/13	56.390,66	28.649,59	85.040,25
set/13	54.479,84	29.146,06	83.625,90
out/13	63.506,16	32.538,81	96.044,97
nov/13	78.919,46	30.270,98	109.190,44
dez/13	76.789,92	22.952,65	99.742,57
jan/14	62.134,40	28.889,80	91.024,20
fev/14	62.708,82	28.778,70	91.487,52
mar/14	53.663,68	28.255,12	81.918,80
TOTAL	728.428,39	343.582,37	1.072.010,76

Fonte: (Elaboração própria).

4 SIMULAÇÃO E ANÁLISE DA GESTÃO ENERGÉTICA DA INDÚSTRIA

Neste capítulo será apresentada a análise que determinará a modalidade tarifária mais adequada para a indústria estudada dentre o sistema horo-sazonal azul e verde, bem como a viabilidade econômica da geração própria de energia elétrica para o horário da ponta. Uma vez definida a melhor configuração dentre as possibilidades citadas, será realizada a simulação de diferentes demandas para o contrato, onde se obterá a demanda economicamente mais viável.

4.1 Análise da Modalidade Tarifária e Fornecimento de Energia Elétrica para a Indústria

De acordo com Aneel (2010), para consumidores do grupo A com demanda contratada maior que 300 kW, que se enquadra ao caso analisado, as opções possíveis são as modalidades horo-sazonal azul e verde. As tarifas vigentes para o período analisado são apresentadas na Tabela 15 (ANEEL, 2013). Utilizando-se as Equações 1 a 3 e as tarifas dispostas na Tabela 15, pode-se calcular a fatura de energia elétrica para cada modalidade tarifária, obtendo-se os valores apresentados na Tabela 16 e Figura 6.

Tabela 15 – Tarifas de consumo e demanda da concessionária de energia do estado do Mato Grosso do Sul, vigente no ano de 2013.

Tarifa	Consumo P (R\$/kWh)	Consumo FP (R\$/kWh)	Demanda P (R\$/kW)	Demanda FP (R\$/kW)
VERDE	1,07341	0,16406		10,89
AZUL	0,25263	0,16406	34,13	10,89

Fonte: (ANEEL, 2013)

Um ponto importante a se destacar no gráfico da Figura 6, trata-se do contrato da demanda. Foi considerado, para efeito de simulação, que a demanda faturada é a demanda medida e, desta forma, não há influência de multa por ultrapassagem nem o efeito de um

contrato com valor superior ao necessário. Assim, considerando a contratação da demanda na ponta teríamos, para a modalidade azul, seu pagamento durante o ano todo ou, considerando a não contratação, o equivalente a três vezes o valor normal do faturamento da demanda para este horário.

Observado o exposto no parágrafo anterior, conclui-se que, uma vez que as tarifas do horário fora de ponta são iguais para a modalidade verde e azul, a diferença nas faturas deve-se exclusivamente ao horário de ponta. Assim, considerando-se a utilização do gerador na ponta, não haveria diferença entre as duas modalidades, uma vez que não haveria consumo na ponta.

Todavia, em caso da indisponibilidade do funcionamento do sistema de geração própria na ponta, devido a problemas de manutenção, por exemplo, o consumidor teria que optar em parar o funcionamento da fábrica ou pagar o equivalente a três vezes o valor da tarifa normal de ponta, caso optasse pela modalidade azul. Assim, a modalidade verde sobressai como vantajosa devido à segurança na disponibilidade do funcionamento do sistema elétrico da indústria, uma vez que não há faturamento de demanda na ponta para esta modalidade tarifária.

Tabela 16 - Simulação do faturamento da energia elétrica na modalidade tarifária verde e azul para os valores de consumo e demanda da empresa analisada no período de abril de 2013 a março de 2014.

MÊS	VERDE (R\$)			AZUL (R\$)		
	Consumo	Demanda	TOTAL	Consumo	Demanda	TOTAL
abr/13	49.316,29	8.494,20	57.810,49	49.077,80	8.494,20	57.572,00
mai/13	50.295,88	9.371,50	59.667,38	50.009,53	9.371,50	59.381,03
jun/13	50.180,77	8.606,04	58.786,81	49.657,74	8.606,04	58.263,78
jul/13	50.119,52	8.703,61	58.823,13	49.780,62	8.703,61	58.484,23
ago/13	47.896,47	8.494,20	56.390,67	47.565,88	8.494,20	56.060,08
set/13	45.985,65	8.494,20	54.479,85	45.658,47	8.616,39	54.274,86
out/13	52.700,59	10.035,14	62.735,72	52.307,07	10.157,32	62.464,39
nov/13	66.723,44	10.962,09	77.685,53	57.583,15	37.934,01	95.517,15
dez/13	66.006,23	10.020,54	76.026,77	52.153,54	36.877,78	89.031,32
jan/14	52.009,34	9.581,46	61.590,80	47.581,13	35.704,56	83.285,69
fev/14	54.102,79	8.606,04	62.708,83	50.533,17	35.302,53	85.835,69
mar/14	45.169,49	8.494,20	53.663,69	44.646,91	12.438,95	57.085,86
TOTAL	630.506,45	109.863,22	740.369,67	596.555,00	220.701,08	817.256,08

Fonte: (Elaboração própria).

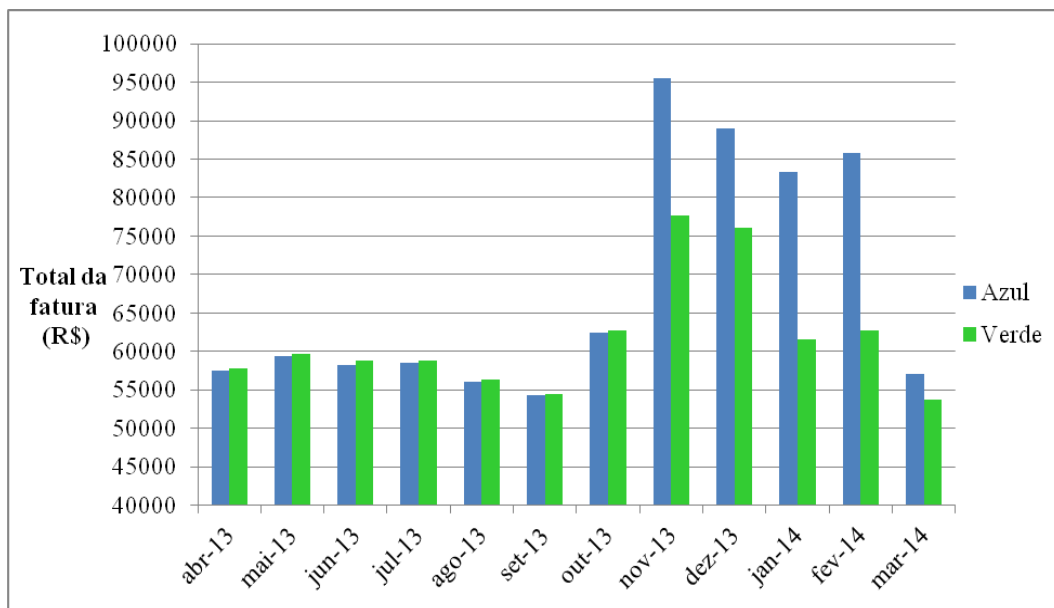


Figura 6 – Gráfico do faturamento da energia elétrica na modalidade tarifária verde e azul para os valores de consumo e demanda da empresa analisada no período de abril de 2013 a março de 2014.

Fonte: (Elaboração própria).

4.2 Avaliação das Opções de Fornecimento de Energia e Modalidades Tarifárias

Para a indústria analisada é facultada a opção tarifária verde ou azul, bem como a geração própria de energia elétrica. Assim, a melhor opção deve ser obtida da simulação das três condições possíveis, as quais serão desenvolvidas as simulações:

- Fornecimento de energia exclusiva pela concessionária Enersul para a modalidade tarifária azul;
- Fornecimento de energia exclusiva pela concessionária Enersul para a modalidade tarifária verde;
- Fornecimento de energia pela concessionária Enersul no horário fora de ponta e pela geração própria no horário de ponta para a modalidade tarifária azul ou verde.

As primeiras duas possibilidades, fornecimento exclusivo de energia pela Enersul, serão simuladas conjuntamente. A terceira opção utilizará geração própria no horário de ponta e, como as tarifas de energia e demanda são iguais no horário fora de ponta para a modalidade tarifária azul e verde, não há diferença entre os valores calculados para as duas modalidades.

4.2.1 Simulação 1 – fornecimento de energia exclusiva pela Concessionária Enersul na modalidade tarifária azul e verde

Utilizando-se os consumos e demandas fora de ponta apresentados nas Tabelas 7 e 8 e os valores de consumo na ponta estimada dispostos na Tabela 13, a partir das Equações 1 a 3, foram simulados os faturamentos de energia para a modalidade tarifária azul e verde, considerando o fornecimento exclusivo de energia pela concessionária Enersul, Tabela 17 e Figura 7.

A partir da Figura 7, verifica-se que a modalidade tarifária azul é economicamente mais viável que a modalidade tarifária verde. Este fato se deve pelo regime de funcionamento da indústria no horário de ponta onde, para fatores de carga acima de 0,7, viabiliza o sistema tarifário azul. A economia anual escolhendo-se a modalidade tarifária azul encontrada foi de R\$ 79.892,60, o que equivale a uma economia de 6,53%.

Os indicadores de gestão energética fator de carga e preço médio da energia para a tarifa azul e verde, obtidos a partir das Equações 5 e 7, foram iguais a 0,82, R\$ 0,2822/kWh e R\$ 0,3019/kWh respectivamente, o que comprova a viabilidade econômica da modalidade tarifária azul.

Tabela 17 – Simulação das fatura de energia na modalidade tarifária azul e verde para o fornecimento exclusivo de energia pela concessionária Enersul.

MÊS	Consumo Verde fp (R\$)	Consumo Azul fp (R\$)	Demanda Verde fp (R\$)	Demanda Azul fp (R\$)	Consumo Verde p (R\$)	Consumo Azul p (R\$)	Demanda Verde p (R\$)	Demanda Azul p (R\$)	Total Verde (R\$)	Total Azul (R\$)
abr/13	49.538,25	49.538,25		8.494,20	43.668,35	10.277,47	8.901,92	27.260,31	102.108,52	95.570,22
mai/13	49.951,68	49.951,68	9.371,50	9.371,50	39.146,58	9.213,25		27.260,31	98.469,75	95.796,74
jun/13	49.538,25	49.538,25		8.606,04	40.246,49	9.472,12	8.901,92	27.260,31	98.686,66	94.876,72
jul/13	49.721,50	49.721,50	27.277,72	8.703,61	44.387,33	10.446,68		27.260,31	121.386,55	96.132,11
ago/13	47.510,30	47.510,30		8.494,20	42.129,32	9.915,25	8.901,92	27.260,31	98.541,54	93.180,06
set/13	45.607,70	45.607,70		8.494,20	43.195,15	10.166,10	8.901,92	27.260,31	97.704,77	91.528,31
out/13	52.253,77	52.253,77	10.035,14	10.035,14	50.478,76	11.880,32		27.260,31	112.767,66	101.429,53
nov/13	54.862,32	54.862,32	10.962,09	10.962,09	45.610,13	10.734,47		27.260,31	111.434,55	103.819,20
dez/13	48.024,30	48.024,30	10.020,54	10.020,54	29.899,02	7.036,82		27.260,31	87.943,86	92.341,97
jan/14	46.353,35	46.353,35	9.581,46	9.581,46	42.645,01	10.036,62		27.260,31	98.579,81	93.231,74
fev/14	49.548,42	49.548,42		8.606,04	42.406,49	9.980,49	8.901,92	27.260,31	100.856,83	95.395,26
mar/14	44.575,92	44.575,92		8.494,20	41.282,46	9.715,94	8.901,92	27.260,31	94.760,31	90.046,38
TOTAL	587.485,7	587.485,7	77.248,4	109.863,2	505.095,1	118.875,5	53.411,5	327.123,8	1.223.240,8	1.143.348,2

Fonte: (Elaboração própria)

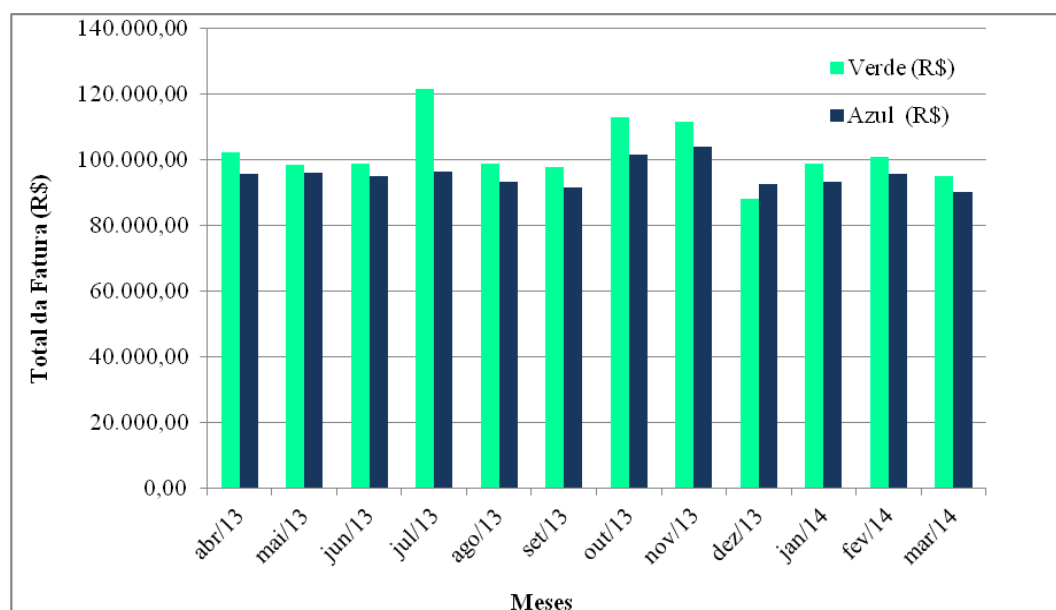


Figura 7 – Gráfico das faturas de energia na modalidade tarifária azul e verde para o fornecimento exclusivo de energia pela concessionária Enersul
Fonte: (Elaboração própria).

4.2.2 Simulação 2 – fornecimento de energia pela Concessionária Enersul no horário fora de ponta e pela geração própria no horário de ponta para a modalidade tarifária azul ou verde

Utilizando-se os valores das faturas de energia e demanda fora de ponta na modalidade azul e verde, apresentados na Tabela 17, o custo da geração própria no horário de ponta representado na Tabela 14, foi determinado as despesas com energia elétrica considerando a geração própria na ponta para a modalidade tarifária azul ou verde, Tabela 18 e Figura 8.

Tabela 18 – Despesa com energia elétrica utilizando o gerador no horário de ponta e a energia da concessionária fora de ponta no período de abril de 2013 a março de 2014, na empresa analisada

MÊS	Gerador (R\$)	Verde e Azul FP (R\$)	Gerador + Verde e Azul (R\$)
abr/13	29.366,48	58.032,45	87.398,93
mai/13	27.260,22	59.323,17	86.583,39
jun/13	27.772,56	58.144,29	85.916,85
jul/13	29.701,39	58.425,11	88.126,50
ago/13	28.649,59	56.004,50	84.654,09
set/13	29.146,06	54.101,90	83.247,96
out/13	32.538,81	62.288,90	94.827,71
nov/13	30.270,98	65.824,41	96.095,39
dez/13	22.952,65	58.044,84	80.997,50
jan/14	28.889,80	55.934,81	84.824,61
fev/14	28.778,70	58.154,46	86.933,16
mar/14	28.255,12	53.070,12	81.325,25
TOTAL	343.582,37	697.348,96	1.040.931,33

Fonte: (Elaboração própria).

A partir da Figura 8, pode-se observar a viabilidade econômica da utilização da geração própria de energia no horário de ponta. Comparando-se com a modalidade tarifária azul, com fornecimento exclusivo de energia pela concessionária Enersul, verifica-se uma economia anual de R\$ 102.416,91 ou ainda, 8,96 % . Na Tabela 19 está representado o resumo das simulações realizadas.

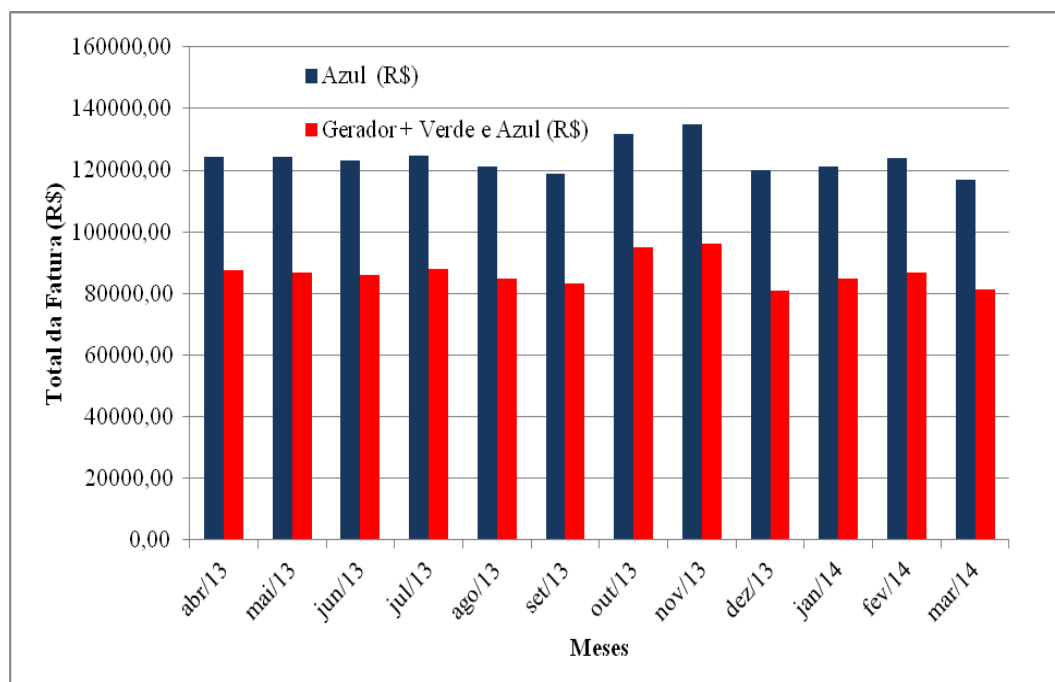


Figura 8 – Gráfico da despesa com energia elétrica utilizando o gerador no horário de ponta e a energia da concessionária fora de ponta no período de abril de 2013 a março de 2014, na empresa analisada.

Fonte: (Elaboração própria).

Tabela 19 – Despesas com energia elétrica simulada.

Simulação		Valor anual (R\$)	Diferença situação atual (R\$)
Sem gerador	Verde	1.223.240,81	150.719,21
	Azul	1.143.348,24	70.826,8
Com gerador	Verde ou azul	1.040.931,33	-31.590,62

Fonte: (Elaboração própria).

A partir da Tabela 19 pode-se verificar que a melhor opção tarifária e de fornecimento de energia consiste na utilização da geração própria no horário de ponta. Pode-se observar que a opção 3, utilização da geração própria na ponta na modalidade tarifária azul ou verde,

apresenta uma economia de 8,9 % em relação a alternativa 2, uso exclusivo da energia da Enersul na modalidade tarifária azul. A alternativa 1, opção menos favorável, utilização da modalidade tarifária verde sem a geração própria na ponta, tem seu custo superior a 6,53 % em relação a alternativa 2 e, 14,9 % em relação a alternativa 3. A diferença com a atual situação da empresa em que foram registrados valores de consumo e demanda no horário de ponta em alguns meses demonstra que se o sistema de geração própria não estivesse sujeito a falhas, no período considerado a economia seria de 2,95 % com a fatura de energia elétrica ou R\$ 31.590,2 .

A modalidade tarifária azul ou verde, para a simulação realizada, apresenta a mesma despesa com energia, todavia, como apresentado anteriormente no tópico 4.1, em uma eventual indisponibilidade do gerador, a gerência da indústria terá de decidir entre parar a fábrica ou pagar a multa de demanda de ultrapassagem na ponta. Desta forma, a opção pela modalidade tarifária verde leva em consideração a segurança na disponibilidade da energia, uma vez que o consumidor não arcará com multa por ultrapassagem de demanda, ele pagará somente o valor relativo a energia consumida.

O indicador de gestão energética, preço médio da energia, para a opção mais favorável, geração própria no horário de ponta e compra da energia da concessionária Enersul para o horário fora de ponta, é igual a R\$ 0,2569/kWh, menor que os valores anteriormente determinados R\$ 0,2822/kWh e R\$ 0,3019/kWh, para as opções 2 e 1 respectivamente.

4.3 Análise da Demanda Contratada

Definida a melhor modalidade tarifária e considerando a geração própria de energia elétrica na ponta, a próxima análise deve definir o valor da demanda contratada para a obtenção da menor despesa anual. Para a empresa analisada, a despesa anual com demanda foi de R\$ 109.863,22, assim trata-se de uma parcela importante nos custos da energia, devendo ser avaliado seu potencial de economia.

Considerando a variação da simultaneidade do funcionamento das cargas instaladas na indústria, a demanda medida se altera ao longo do ano, como pode ser observado na Figura 9. Na referida figura, são apresentadas as demandas medidas, demanda contratada e a reta equivalente à demanda tolerada de 5%, onde não incide multa.

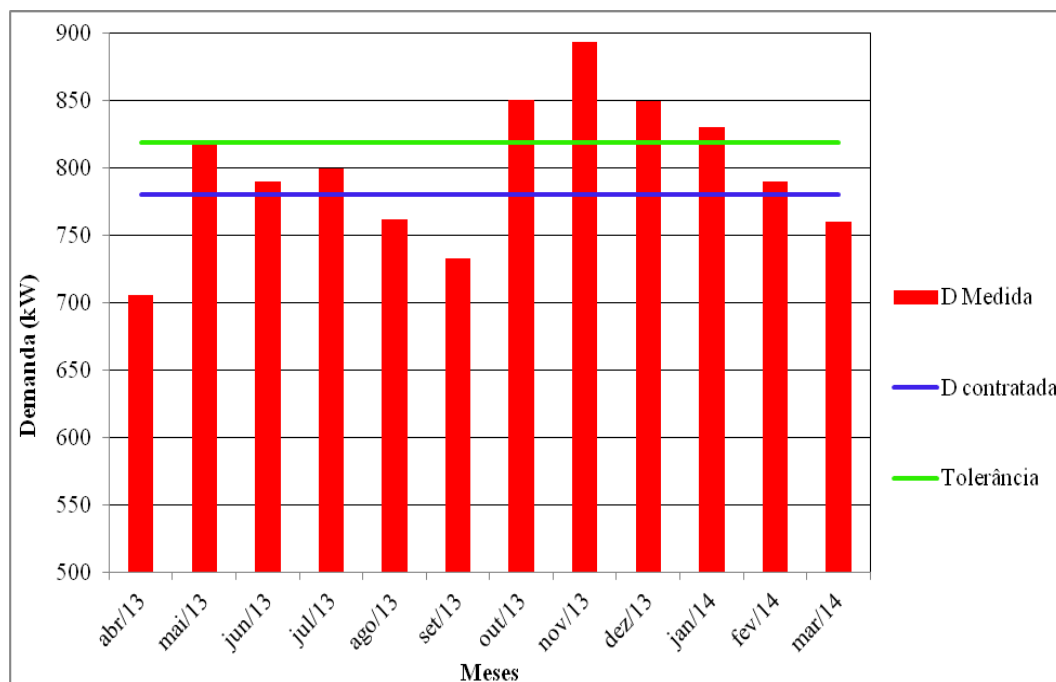


Figura 9 - Demanda de potência elétrica medida, contratada e tolerada no período de abril de 2013 a março de 2014, para a empresa analisada.

Fonte: (Elaboração própria com base nas faturas de energia elétrica da indústria estudada).

Analisando a Figura 9, verifica-se que houve ultrapassagem de demanda em cinco meses, a demanda encontrou-se dentro da tolerância em três meses e, abaixo da demanda contratada, em quatro meses. Assim, para a determinação da demanda que apresentará, ao final de um ano, a menor despesa com energia, é necessário fazer uma simulação para diferentes valores, conforme pode ser observado na Tabela 20.

Para a simulação da demanda a ser contratada para a unidade consumidora analisada, foram utilizadas as demandas registradas na empresa no período entre abril de 2013 e março de 2014, apresentadas na Tabela 8, resultando nos valores dispostos na Tabela 20 e representados no gráfico da Figura 10. Considerando a simulação onde foi variada a demanda de 750 a 850 kW, pode ser observado na Figura 10 que, a menor despesa anual refere-se ao contrato de demanda igual a 810 kW, ou seja, R\$ 108.874,41, isto representa uma economia anual de R\$ 988,81 em relação ao contrato atual de demanda.

Tabela 20 – Simulação do contrato de demanda para a modalidade tarifária verde para o período entre abril de 2013 e março de 2014 na indústria analisada.

Demanda (kW)	Multa por ultrapassagem de demanda (R\$)	Demanda Total Anual (R\$)
750,00	13.593,12	111.843,46
760,00	10.532,15	110.530,78
770,00	8.588,73	109.972,12
780,00	7.499,73	109.863,22
790,00	5.751,23	109.424,57
800,00	4.228,37	109.319,05
810,00	1.814,49	108.874,41
820,00	1.596,69	109.527,81
830,00	1.378,89	110.287,93
840,00	1.161,09	111.159,13
850,00	943,29	112.030,33

Fonte: (Elaboração própria).

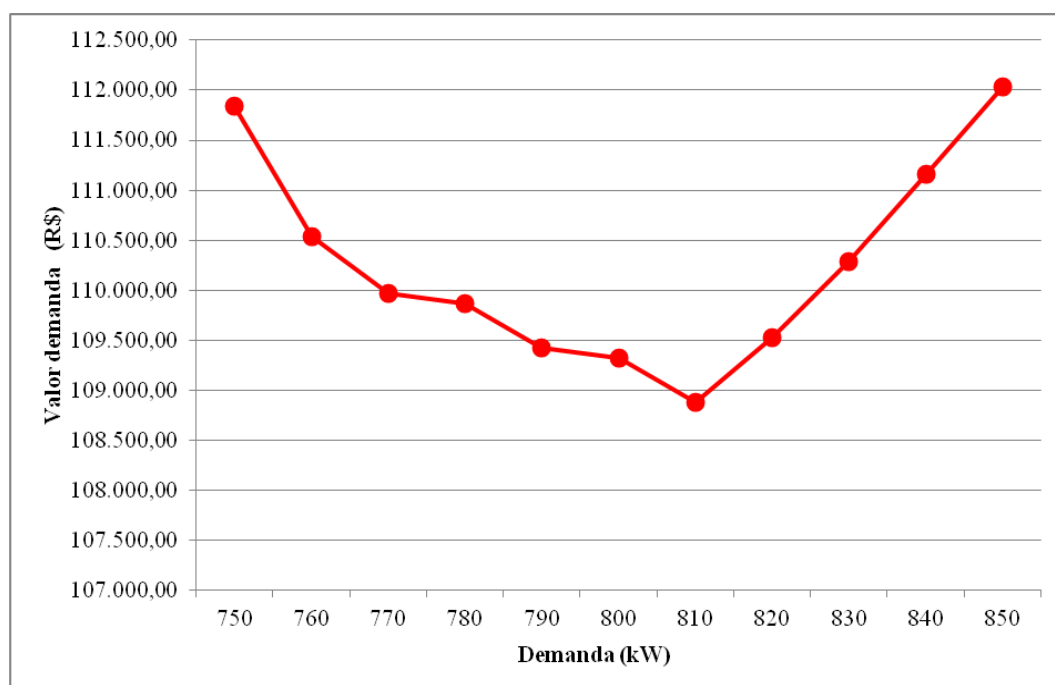


Figura 10 - Gráfico da simulação do contrato de demanda para a modalidade tarifária verde para o período entre abril de 2013 e março de 2014 na indústria analisada.

Fonte: (Elaboração própria).

5 INDICADORES DE GESTÃO ENERGÉTICA

Os indicadores de gestão energética são importantes ferramentas administrativas para o acompanhamento do funcionamento de uma indústria, apresentando informações que, quando utilizadas eficientemente, podem reduzir as despesas com energia elétrica. Neste capítulo serão analisados os indicadores fator de carga, preço médio, consumo e custo específico de energia.

5.1 Fator de Carga e Preço Médio da Energia

Conforme apresentado no tópico 2.5.1, utilizando-se a Tabela 3 é possível se obter o gráfico da Figura 11.

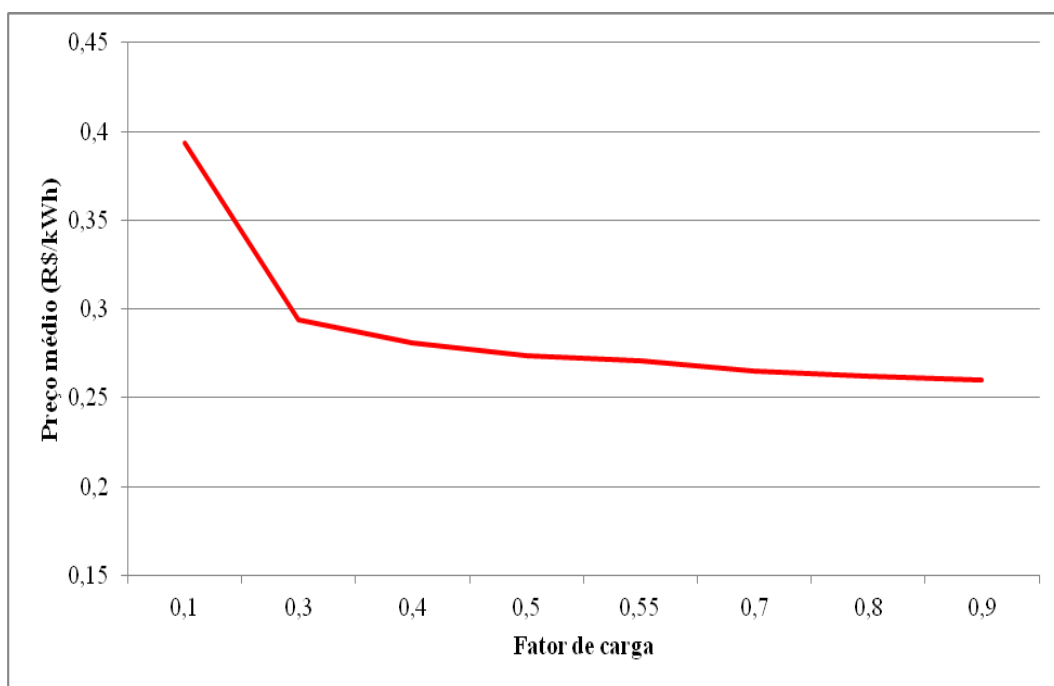


Figura 11 – Relação entre Preço médio e o fator de carga para a modalidade tarifária verde.

Fonte: (Adaptado de HADDAD *et. al*, 2005).

O preço médio da energia, equivalente à tarifa do sistema binômio, diminui com o aumento do fator de carga. Na Figura 12 é apresentado o fator de carga e o preço médio para a modalidade verde considerando o período e a empresa analisada.

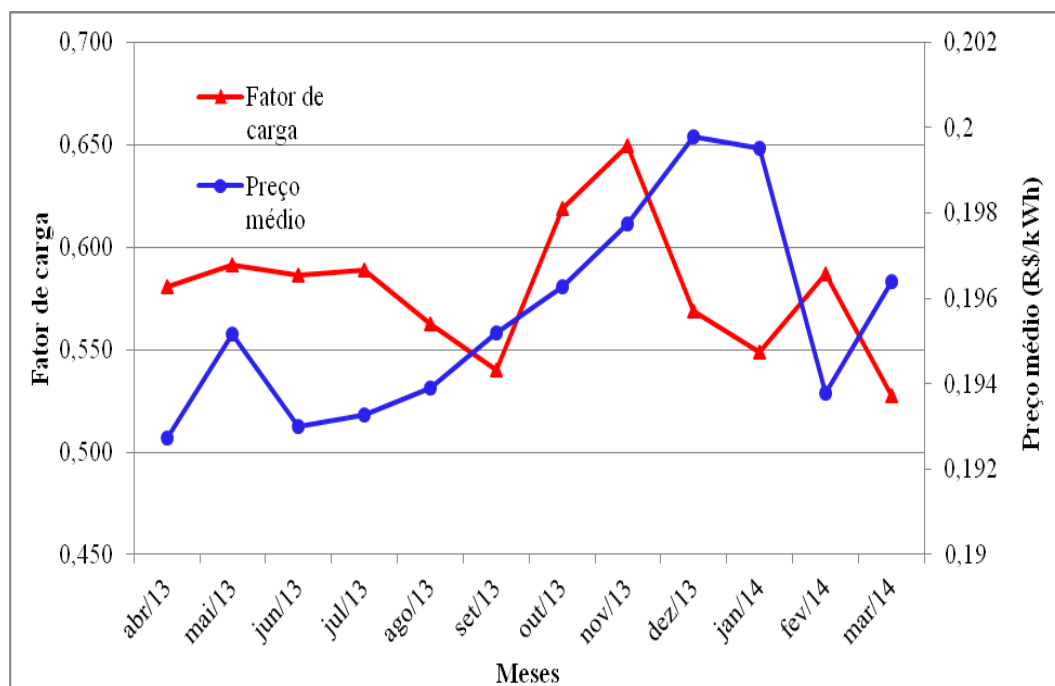


Figura 12 – Fator de carga e preço médio da energia no período de abril de 2013 a março de 2014, na empresa analisada.

Fonte: (Elaboração própria).

A equação do preço médio, quando se analisa um mês específico, apresenta uma relação inversamente proporcional e linear entre o preço médio e o fator de carga. Todavia, para análise em um período, as variáveis envolvidas no cálculo alteram esta relação, condições reais tais como, multa por ultrapassagem de demanda, indisponibilidade do gerador, o que leva a utilização da energia da concessionária na ponta, provocam variações na tendência das referidas curvas.

A partir do gráfico da Figura 12 observa-se que nos meses de outubro e novembro foram registrados os maiores valores de fator de carga, todavia, devido à multa por ultrapassagem de demanda, os preços médios nesses meses também foram os maiores no período analisado.

É importante ressaltar que o preço médio da energia variou entre R\$ 0,193/kWh e R\$ 0,200/kWh, condição que deve ser acompanhado no funcionamento da fábrica ao longo dos meses, para que se possam administrar as variáveis relacionada, obtendo-se uma redução do custo específico da produção.

5.2 Consumo e Custo Específico

O indicador que possibilita acompanhar o custo da energia sobre o produto da empresa é o custo específico. Para a empresa analisada, sua produção pode ser medida em tonelada de embalagens plásticas produzidas por mês. Assim, para melhor exemplificação, o consumo e custo específico foram calculados para o horário de ponta, fora de ponta e funcionamento geral, situação que engloba horário de ponta e fora de ponta.

Considerando-se que não há controle sobre a produção da fábrica estratificada nos segmentos horários, foi realizada a distribuição da produção considerando o número de horas no mês equivalente para cada segmento. Assim, a produção total foi dividida em 60 horas mensais de ponta, 504 horas fora de ponta, uma vez que a empresa não funciona aos domingos.

Com o valor da produção estratificado nos segmentos da ponta e fora de ponta, foi possível calcular o custo e consumo específico em cada horário. Para o horário fora de ponta têm-se os dados de consumo e os valores na fatura de energia elétrica para este segmento, assim, utilizando-se a produção da indústria, encontra-se o consumo específico pela Equação 9, o custo específico através da Equação 10 e o preço médio pela Equação 7. Os dados obtidos estão apresentados nas Tabelas 21 a 23 e ilustrados no gráfico da Figura 13.

Tabela 21 – Consumo, custo específico e preço médio da energia elétrica no horário fora de ponta no período de abril de 2013 a março de 2014, na empresa analisada.

MÊS	Consumo (kWh/mês)	Fatura (R\$)	Produção (ton/mês)	Consumo específico (kWh/ton)	Custo específico (R\$/ton)	Pm (R\$/kWh)
abr/13	298.839,00	57.810,49	303,23	985,53	190,52	0,1933
mai/13	304.472,00	59.667,38	324,94	937,01	183,49	0,1958
jun/13	301.952,00	58.786,81	300,77	1.003,91	195,15	0,1944
jul/13	303.069,00	58.823,13	308,18	983,41	190,72	0,1939
ago/13	289.591,00	56.390,67	276,10	1.048,86	204,08	0,1946
set/13	277.994,00	54.479,85	330,22	841,84	164,86	0,1958
out/13	318.504,00	62.735,72	347,11	917,58	180,62	0,1968
nov/13	334.404,00	77.685,53	360,10	928,64	209,00	0,2251
dez/13	292.724,00	76.026,77	305,82	957,18	235,45	0,2460
jan/14	282.539,00	61.590,80	356,03	793,58	170,07	0,2143
fev/14	302.014,00	62.708,83	242,60	1.244,93	255,20	0,2050
mar/14	271.705,00	53.663,69	296,34	916,87	180,90	0,1973

Fonte: (Elaboração própria).

Tabela 22 – Consumo, custo específico e preço médio da energia elétrica no horário de ponta no período de abril de 2013 a março de 2014, na empresa analisada.

MÊS	Energia gerada (kWh/mês)	Energia gerador (R\$)	Produção Ponta (ton/mês)	Consumo específico (kWh/ton)	Custo específico (R\$/ton)	Pm (R\$/kWh)
abr/13	40.681,89	29.366,48	36,10	1.126,97	758,35	0,7219
mai/13	36.469,36	27.260,22	38,68	942,77	634,40	0,7475
jun/13	37.494,05	27.772,56	35,81	1.047,13	704,62	0,7407
jul/13	41.351,70	29.701,39	36,69	1.127,11	758,44	0,7183
ago/13	39.248,11	28.649,59	32,87	1.194,07	803,50	0,7300
set/13	40.241,06	29.146,06	39,31	1.023,62	688,80	0,7243
out/13	47.026,54	32.538,81	41,32	1.138,03	765,79	0,6919
nov/13	42.490,88	30.270,98	42,87	991,17	666,97	0,7124
dez/13	27.854,24	22.952,65	36,41	765,08	514,83	0,8240
jan/14	39.728,54	28.889,80	42,38	937,33	683,30	0,7272
fev/14	39.506,33	28.778,70	28,88	1.367,93	997,20	0,7285
mar/14	38.459,18	28.255,12	35,28	1.090,15	794,70	0,7347

Fonte: (Elaboração própria).

Tabela 23 – Consumo, custo específico e preço médio da energia elétrica geral no período de abril de 2013 a março de 2014, na empresa analisada.

MÊS	Consumo (kWh/mês)	Fatura (R\$)	Produção (ton/mês)	Consumo específico (kWh/ton)	Custo específico (R\$/ton)	Pm (R\$/kWh)
abr/13	339.520,89	87.176,98	339,33	1.000,58	256,91	0,2568
mai/13	340.941,36	86.927,59	363,62	937,63	239,06	0,2550
jun/13	339.446,05	86.559,37	336,58	1.008,51	257,17	0,2550
jul/13	344.420,70	88.524,52	344,87	998,70	256,69	0,2570
ago/13	328.839,11	85.040,26	308,97	1.064,31	275,24	0,2586
set/13	318.235,06	83.625,92	369,54	861,17	226,30	0,2628
out/13	365.530,54	95.274,53	388,43	941,04	245,28	0,2606
nov/13	376.894,88	107.956,50	402,97	935,29	267,90	0,2864
dez/13	320.578,24	98.979,42	342,23	936,74	289,22	0,3088
jan/14	322.267,54	90.480,60	398,42	808,87	227,10	0,2808
fev/14	341.520,33	91.487,53	271,48	1.258,01	337,00	0,2679
mar/14	310.164,18	81.918,81	331,62	935,30	247,03	0,2641

Fonte: (Elaboração própria).

A partir da Figura 13, pode-se destacar a diferença no custo específico para a produção de uma tonelada de embalagens plásticas no horário de ponta e no horário fora de ponta.

Enquanto que, para o primeiro, verifica-se o custo da fabricação de uma tonelada de plástico alcança o valor máximo de R\$ 997,20, no segundo, pode se obter um valor mínimo de R\$ 164,86. Isto representa uma variação de 604,8% neste custo de produção.

Outro ponto relevante observado na Figura 13 é a variação do custo específico no mesmo segmento horário. Assim, enquanto no horário fora de ponta, durante os meses de abril de 2013 a março de 2014 há variação de R\$ 164,86 a R\$ 255,20, o equivalente a 154,8%, no horário de ponta, a variação verificada foi de R\$ 514,83 a R\$ 997,20, ou seja, 193,38%.

Avaliando-se o preço médio da energia apresentado nas Tabelas 21 a 23, verifica-se que há uma variação de 426,3% relativa ao menor, R\$ 0,1933/kWh e o maior R\$ 0,8240/kWh para os segmentos fora de ponta e ponta, respectivamente. Verificou-se, também variações de 127,3%, 119,1% e 121,1%, para os segmentos fora de ponta, ponta e geral.

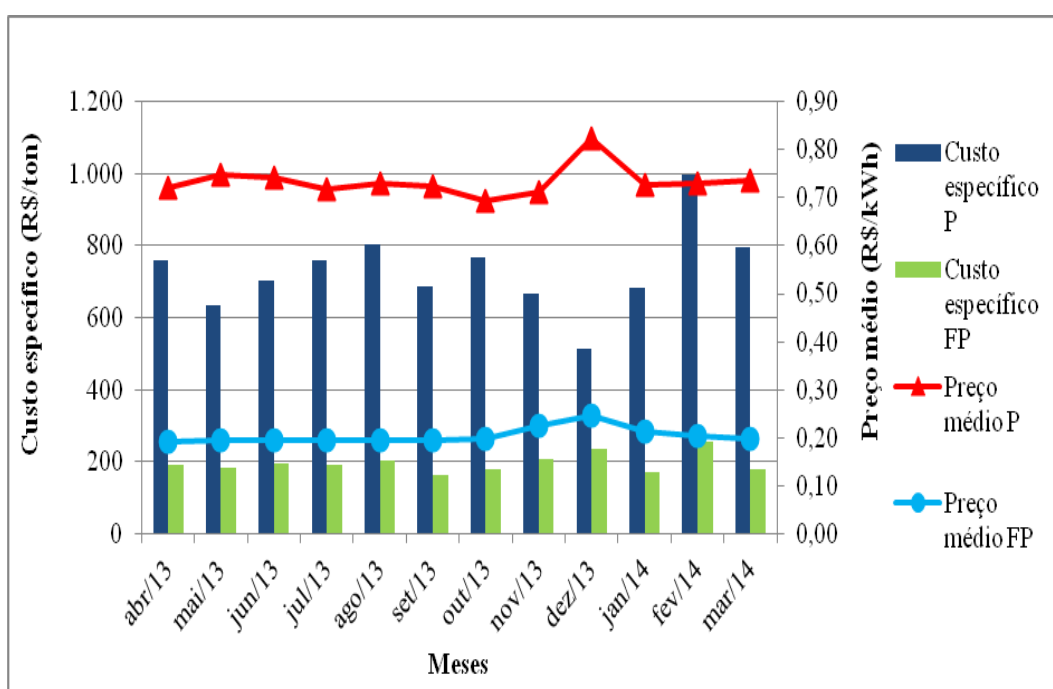


Figura 13 – Custo específico e preço médio na ponta e fora de ponta no período de abril de 2013 a março de 2014.

Fonte: (Elaboração própria).

Ressalta-se que, no acompanhamento dos processos de produção e da utilização da energia elétrica ao longo dos meses, pode-se descobrir particularidade no funcionamento da fábrica que levam aos maiores ou menores custos específicos e preços médios de energia e,

desta forma buscar alternativas para melhor gestão energética através dos indicadores apresentados.

5.3 Avaliação da Viabilidade Econômica da Implantação do Controle de Demanda

As análises realizadas neste trabalho consideraram, até este tópico, uma variação da demanda aleatória, dependendo do funcionamento dos equipamentos conforme o fluxo de produção de embalagens plásticas. Isto pode ser observado na Figura 14, que representa as demandas medidas para quatro dias aleatórios do mês de dezembro de 2013, obtido do relatório da memória de massa fornecido pela concessionária de energia Enersul, nota-se uma queda da demanda no período a partir das 18:00 horas, isto porque no horário de ponta o gerador entra em funcionamento a apartir das 17:30, porém o sistema de geração própria apresentou falhas e entrou em operação com atraso.

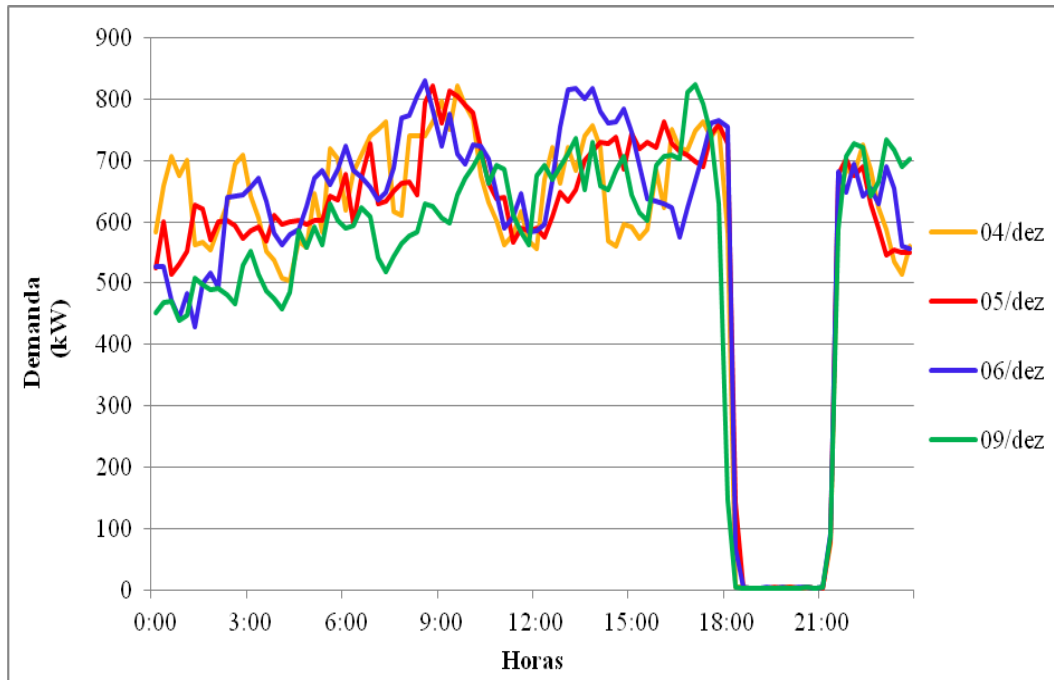


Figura 14 - Curva de demanda para quatro dias aleatórios do mês de dezembro de 2013 na indústria estudada.
Fonte: (Elaboração própria com base na memória de massa de energia elétrica da indústria estudada).

As variações observadas ao longo do dia, conforme Figura 14, influenciam nos indicadores de gestão energética fator de carga, preço médio e custo específico da energia

elétrica. Utilizando-se da curva de distribuição de frequência e, reorganizando os valores registrados das demandas do maior para o menor, para o mês de julho obtém-se o gráfico apresentado na Figura 15.

A análise da Figura 15, remete-se ao estudo de custo benefício e a capacidade da adaptação e controle da indústria. Assim, uma vez que se observa que a ocorrência das demandas entre 760 kW e 829,92 kW ocorrem em 12 horas durante um mês, a empresa poderá optar em manter o funcionamento normal dos equipamentos ou controlar a demanda, desligando cargas ou gerenciando os processos. Esta avaliação está relacionada aos benefícios econômicos da redução do contrato de demanda e a cessação das multas e os impactos no processo produtivo.

Para a análise dos benefícios econômicos da redução do contrato e controle de demanda, foi simulado os faturamentos das demandas 810 kW, valor sugerido neste trabalho, e dois outros valores, 750 e 715 kW. Ressalta-se que como não se alterou a produção, as máquinas continuam funcionando, todavia em horários diferentes, para a redução do pico de demandas, desta forma, o consumo de energia permanece constante, Tabela 24.

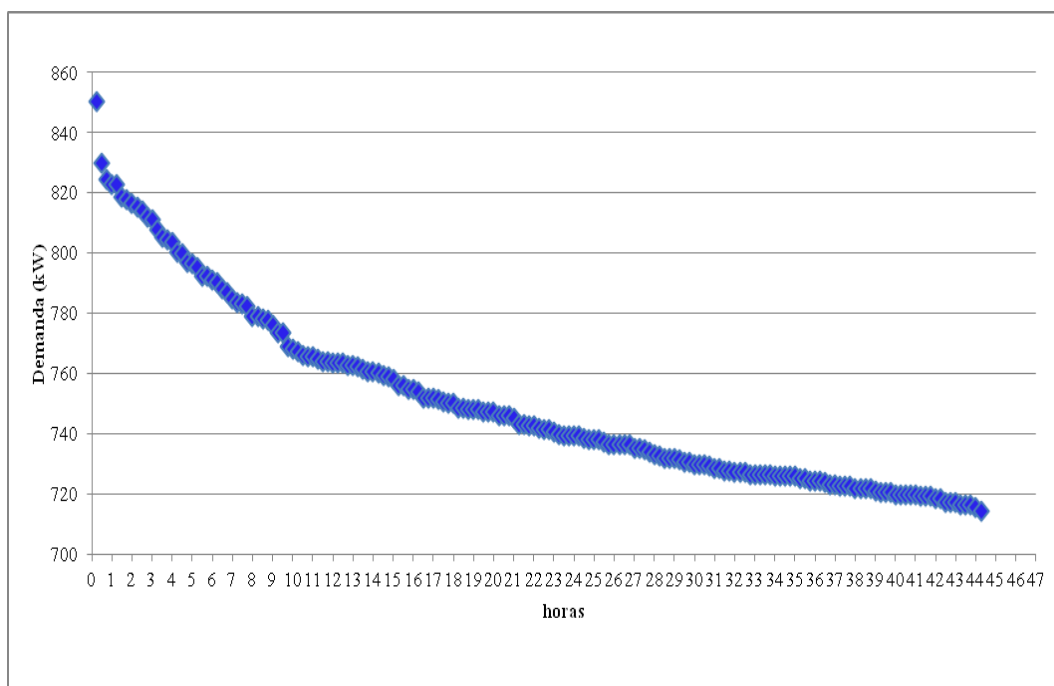


Figura 15 – Curva de distribuição de frequência das demandas de energia para o mês de julho da empresa analisada.

Fonte: (Elaboração própria com base na memória de massa de energia elétrica da indústria estudada).

Os resultados apresentados na Tabela 24, demonstram que, quando se controla a demanda em 750 kW obtém-se uma economia anual de R\$ 7.840,80, ou seja, 0,76% da fatura.

Quando este controle tem como referência a demanda de 715 kW, a economia anual é de R\$ 12.414,60, ou ainda 1,20% da fatura da energia. Considerando o custo para a implantação de um controlador de demanda disponibilizado pela empresa, foi realizada a análise da viabilidade econômica que, utilizando-se os dados da Tabela 25 obtiveram-se os resultados apresentados na Tabela 26.

Tabela 24 – Simulação do controle de demanda para no período de abril de 2013 a março de 2014, na empresa analisada.

MÊS	Energia P (R\$)	Energia FP (R\$)	DEMANDA			FATURADO		
			810 kW	750 kW	715 kW	810 kW	750 kW	715 kW
41.377,00	29.366,48	49.027,53	8.820,90	8.167,50	7.786,35	87.214,91	86.561,51	86.180,36
41.407,00	27.260,22	49.951,68	8.820,90	8.167,50	7.786,35	86.032,79	85.379,39	84.998,24
41.438,00	27.772,56	49.538,25	8.820,90	8.167,50	7.786,35	86.131,71	85.478,31	85.097,16
41.468,00	29.701,39	49.721,50	8.820,90	8.167,50	7.786,35	88.243,79	87.590,39	87.209,24
41.499,00	28.649,59	47.510,30	8.820,90	8.167,50	7.786,35	84.980,79	84.327,39	83.946,24
41.530,00	29.146,06	45.607,70	8.820,90	8.167,50	7.786,35	83.574,66	82.921,26	82.540,11
41.560,00	32.538,81	52.253,77	8.820,90	8.167,50	7.786,35	93.613,47	92.960,07	92.578,92
41.591,00	30.270,98	54.862,32	8.820,90	8.167,50	7.786,35	93.954,20	93.300,80	92.919,65
41.621,00	22.952,65	48.024,30	8.820,90	8.167,50	7.786,35	79.797,85	79.144,45	78.763,30
41.652,00	28.889,80	46.353,35	8.820,90	8.167,50	7.786,35	84.064,05	83.410,65	83.029,50
41.683,00	28.778,70	49.548,42	8.820,90	8.167,50	7.786,35	87.148,02	86.494,62	86.113,47
41.711,00	28.255,12	44.575,92	8.820,90	8.167,50	7.786,35	81.651,95	80.998,55	80.617,40
TOTAL	343.582,37	586.975,02	105.850,80	98.010,00	93.436,20	1.036.408,19	1.028.567,39	1.023.993,59

Fonte: (Elaboração própria)

Tabela 25 – Dados para a avaliação da viabilidade econômica para a implantação do controle de demanda na empresa analisada.

Descrição	Valores
Investimento	R\$ 13.505,25
Taxa de juros (j)	0,1 a.a
Número de período (n)	15 anos

Fonte: (Elaboração própria)

Considerando-se a análise técnica e econômica para a implantação do sistema de controle de demanda, a gerência da empresa deve avaliar os impactos na produção e os

benefícios econômicos gerados pelo sistema. O gráfico apresentado na Figura 16 ilustra esta avaliação.

Pode-se verificar na Figura 16 que, para o controle da demanda em 715 kW, equipamentos deverão ficar indisponíveis 44 horas um total de 90 kW. Nesta condição o retorno do investimento é de 2 anos e 2 meses. Para a limitação da demanda em 750 kW, acarretará na indisposição 18 horas de cargas equivalentes a 60 kW enquanto que o retorno de investimento é de 3 anos e 4 meses. Esta decisão deve ser analisada pela gerência da empresa a partir do impacto e benefícios possíveis. Na Figura 17 é ilustrada a comparação dos custos específicos e preço médio para as condições de funcionamento atuais e para o controle de demanda igual a 715 kW.

Tabela 26 - Resultados da avaliação da viabilidade econômica para a implantação do controle de demanda na empresa analisada.

Demanda	Faturado (R\$)	Investimento (R\$)	Economia (R\$)	PRD
810 kW	1.036.408,19	13.505,25		
750 kW	1.028.567,39	13.505,25	7.840,80	3 anos e 4 meses
715 kW	1.023.993,59	13.505,25	12.414,60	2 anos e 2 meses

Fonte: (Elaboração própria).

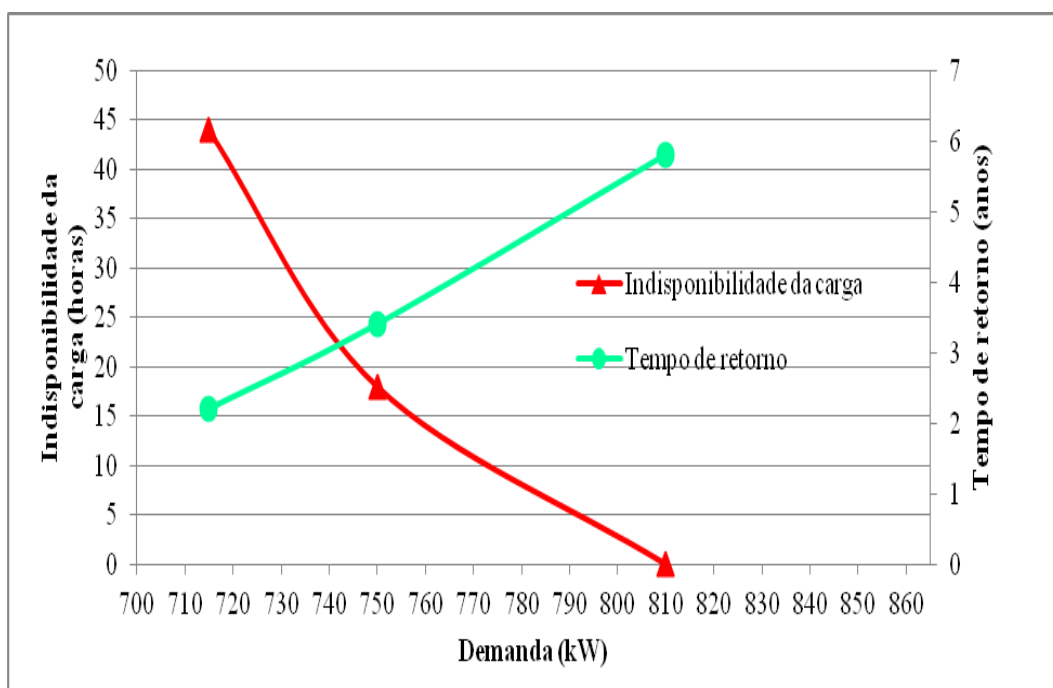


Figura 16 – Avaliação técnica e econômica da instalação de um sistema de controle de demanda na indústria analisada.

Fonte: (Elaboração própria).

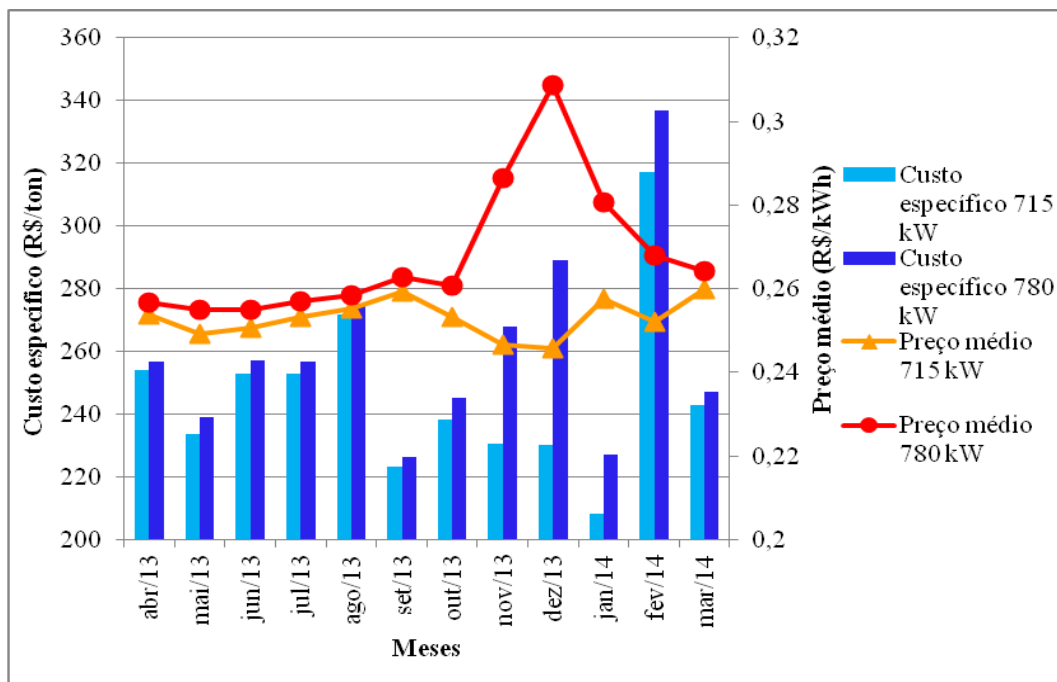


Figura 17 - Comparação do custo específico e preço médio geral para demanda de 715 kW e 780kW, situação atual da indústria analisada.

Fonte: (Elaboração própria).

Pode-se destacar na Figura 17 a redução do preço médio da energia e do custo específico da produção, especialmente no mês de dezembro, quando o controlador de demanda limitaria o valor medido em 715 kW, não incidindo, assim, multa por ultrapassagem para o consumidor.

Observa-se, por fim, na Figura 17, que a diferença entre a média do custo específico para a produção de uma tonelada de embalagens plástica na condição atual de contrato é de R\$ 14,05, o que equivale a 5,40%, enquanto que a diferença dos preços médios da energia é igual a R\$ 0,01474, ou ainda 5,50%.

Conclui-se que, acompanhando-se os índices de gestão energética, a empresa pode controlar seu processo e obter redução das despesas com energia elétrica. Para a simulação realizada, por exemplo, foi obtida uma redução do custo específico no mês de dezembro de R\$ 289,00/ton para R\$ 230,14/ton, equivalente a 20,42%, enquanto que o preço médio, para o mesmo mês, passou de R\$ 0,3088/kWh para R\$ 0,2457/kWh, também equivalente a 20,42%.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Crescimento da demanda por energia no mundo, e seus impactos decorrente, e a necessidade da redução dos insumos de produção, tem impulsionado as indústria a buscarem uma gestão energética mais eficiente. Assim, foi desenvolvido neste trabalho um estudo de caso para a avaliação da gestão energética de uma indústria de embalagens plásticas localizada no estado do Mato Grosso do Sul. Para que se pudesse avaliar o uso da energia e os potenciais para a redução dos custos com energia na empresa analisadas, foi realizada uma análise sobre enquadramento tarifário, geração própria no horário da ponta e contrato de demanda, determinados os indicadores de gestão energética fator de carga, preço médio, consumo e custo específico e simulado a instalação de um controlador de demanda.

A indústria avaliada possui potência instalada de 2.786,63 kW, 900 kVA em transformação de energia, 972 kW em geração própria e encontra-se enquadrada na modalidade tarifária verde, subgrupo A4, sendo alimentada na tensão de 13,8 kV. No período de análise, abril de 2013 a março de 2014, a empresa encontrava-se com contrato de demanda de 780 kW, consumo total de energia de 3.615.728,4 kWh e despesas com a geração própria e as faturas de energia de R\$ 1.072.010,76.

Na análise do enquadramento tarifário, considerando a geração própria no horário da ponta, verificou-se que a utilização da geração própria na ponta na modalidade tarifária azul ou verde, apresenta uma economia de 8,9 % em relação a alternativa 2, uso exclusivo da energia da Enersul na modalidade tarifária azul e a alternativa 1, opção menos favorável, utilização da modalidade tarifária verde sem a geração própria na ponta, tem seu custo superior a 6,53 % em relação a alternativa 2 e, 14,9 % em relação a alternativa 3.

Constatou-se que, apesar da modalidade tarifária azul ou verde apresentar a mesma despesa com energia, em uma eventual indisponibilidade do gerador, a gerência da indústria teria que decidir entre parar a fábrica ou pagar a multa de demanda de ultrapassagem na ponta. Assim, a opção pela modalidade tarifária verde propiciava segurança no fornecimento de energia, e o consumidor não teria multa por ultrapassagem de demanda, pagando somente o valor relativo à energia consumida naquele horário.

Quando simulada a demanda contratada, para a verificação da condição mais econômica, verificou-se que alteração do contrato atual de 780 kW para 810 kW propiciaria uma economia anual de R\$ 988,81.

Obtidos os índices de gestão energética, informações utilizadas para se acompanhar a

eficiência do uso da energia, verificou-se que a diferença no custo específico para a produção de uma tonelada de embalagens plásticas no horário de ponta alcançava R\$ 997,20, no horário fora de ponta observou-se um valor mínimo de R\$ 164,86, o que significa uma variação de 604,8% neste custo de produção.

Para o preço médio da energia verificou-se uma variação de 426,3%, ou seja, o quilowatt energia mais barato foi de R\$ 0,1933, enquanto que mais caro alcançou R\$ 0,8240 nos segmentos fora de ponta e ponta, respectivamente.

Simulou-se a instalação de um controlador que limitaria em 810 kW, 750 kW e 715 kW de demanda da indústria. Assim, quando programado para o controle de demanda para 715 kW, equipamentos ficariam indisponíveis para o uso durante 20 horas e o retorno do investimento se daria em 2 anos e 2 meses. Limitando-se a demanda em 750 kW, acarretaria indisposição de 60 kW de cargas por 12 horas enquanto que o retorno de investimento se daria em 3 anos e 4 meses. Defendeu-se, desta forma, que a decisão da instalação do controlador e a demanda a ser limitada devem partir da análise da gerência da empresa, que considerará o impacto no deslocamento das cargas e os benefícios financeiros alcançáveis.

Por fim, calculando-se os indicadores de gestão energética considerando o controle de demanda, observou-se que a diferença entre a média do custo específico para a produção de uma tonelada de embalagens plásticas na condição atual de contrato é de R\$ 14,05, o que equivale a 5,40%, enquanto que a diferença dos preços médios da energia é igual a R\$ 0,01474, ou ainda 5,50%.

Considerando, ainda, a simulação do controle de demanda em 715 kW, poderia se obter uma redução do custo específico da produção no mês de dezembro de R\$ 289,00/ton para R\$ 230,14/ton, o equivalente a 20,42%, enquanto que o preço médio, para o mesmo mês, passaria de R\$ 0,3088/kWh para R\$ 0,2457/kWh, assim, o acompanhamento dos índices de gestão energética pode auxiliar no monitoramento do processo e propiciar redução das despesas com energia elétrica.

Concluído este trabalho, recomenda-se que sejam desenvolvidos outros levantamentos e avaliações, no sentido de relacionar os indicadores propostos aos setores específicos da empresa, propiciando, assim, uma análise mais detalhada do impacto de cada processo no custo específico e preço médio da energia da indústria.

Recomenda-se, ainda, que seja ampliada a avaliação da gestão energética desenvolvida neste trabalho, para se verificar a influência dos efeitos do consumo dos equipamentos, pesquisando-se a eficiência energética das máquinas instaladas na empresa.

Sob o mesmo aspecto, também se consiste em um trabalho futuro, a avaliação da eficiência energética dos processos de produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL. **BANDEIRAS TARIFÁRIAS**. 2013. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=758>>. Acesso em: 2 fev. 2014

ANEEL. **RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA Nº 1.505**. 2013. 13 f.

ANEEL. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 414.2010**. 158 f.

BARBOSA, Carlos Eduardo Oliveira. **Gerenciamento de Demanda e Eficiência Energética em uma Indústria de Separação de Gases do Ar**. 2010. 58 f. Monografia - Curso de engenharia elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Pernambuco. Recife.

BARROS, Benjamim Ferreira *et al.* **Gerenciamento de energia**: Ações administrativas e técnicas de uso adequado da energia elétrica. 1 ed. São Paulo: Érica, 2010. 175 p.

BATISTA, Elias Oureste. **Redução Do Custo Da Energia Elétrica Em Ambientes Industriais Por Meio De Uma Estratégia De Baixo Custo Em Gestão Energética**. 2013. 92 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de engenharia elétrica, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

BNDS. **Apoio a projetos de eficiência energética**. 2012. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Areas_de_Atualizacao/Meio_Ambiente/p/roesco.html>. Acesso em: 17 jul. 2014.

CAMPOS, Alexandre de. **Gerenciamento Pelo Lado Da Demanda**: Um Estudo De Caso. 2004. 95 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em energia, Universidade de São Paulo. São Paulo.

CONPET. **CONPET Ação Local Benefício Global**. 2012. Disponível em: <http://www.conpet.gov.br/portal/conpet/pt_br/conteudo-gerais/conpet.shtml>. Acesso em: 17 jul. 2014.

DIÁRIOMS. **FIEMS e Enersul articulam manutenção do ‘Energia Extra’**. 2009. Disponível em: <<http://diarioms.com.br/fiems-e-enersul-articulam-manutencao-do-energia-extra/>>. Acesso em: 28 jul. 2014.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil) (Org.). **Balanço Energético Nacional**. 2013.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil) (Org.). **Estudo de Demanda: Eficiência energética na indústria e nas residências no horizonte decenal (2010-2019)**. 2010.

GALDINO, Myrlla; MOTHÉ, Cheila Gonçalves. **FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA**. 2007. Disponível em: <http://www.revistaanalityca.com.br/ed_anteriores/32/Art05.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2014.

GOMES, Miguel de Jorge Santana de Barros de Abreu. **Guia para a Implementação de um Programa de Gestão de Energia na Indústria**. 2009. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2009.

GUARDABASSI, Patricia Maria. **Sustentabilidade da biomassa como fonte de energia: Perspectivas para países em desenvolvimento**. 2006. 103 f. Tese (Mestre) - Departamento de Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

HADDAD, Jamil *et al.* **Guia Técnico: Gestão energética**. Rio de Janeiro. 2005. 188 p.

INMETRO. **O Programa Brasileiro de Etiquetagem**. 2014. Disponível em: <http://www2.inmetro.gov.br/pbe/conheca_o_programa.php>. Acesso em: 17 jul. 2014.

KRAUSE, Cláudia Barroso *et al.* **Manual de prédios eficientes em energia elétrica**. 15. ed. Rio de Janeiro. 2002. 230 p.

LIMA, Aureo Cezar de. **Sistema Decisório Fuzzi Aplicado ao Gerenciamento de Energia Elétrica no Lado da Demanda**. 2003. 161 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação engenharia elétrica, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia.

MANZINE, Luiz Gonzaga. **Racionalização de Energia Elétrica com Aplicação da Legislação Tarifária em Indústria de Embalagem Plástica**. 2000. 97 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Agronomia, Faculdade de Ciência Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu.

MORALES, Clayton. **Indicadores De Consumo de Energia Elétrica Como Ferramentas de Apoio À Gestão: Classificação Por Prioridades De Atuação Na Universidade de São Paulo**. 2007. 114 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.

NOGUEIRA, Elisabete Maria da Silva Marques. **Utilização Racional De Energia Elétrica: Caracterização E Aplicação De Sistema Integrados De Gestão De Energia Elétrica.** 1991. 103f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

OLIVEIRA, Lilian Silva de. **Gestão do Consumo de Energia Elétrica no Campus da UnB.** 2006. 238 f. Dissertação (Mestrado) – Engenharia elétrica, Universidade de Brasília.

SOBRINHO, José Luis Ara. **Proposta De Metodologia De Gestão De Energia Elétrica No Processo Industrial.** 2011. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento de Tecnologia, Instituto de Tecnologia Para O Desenvolvimento, Curitiba, 2011.

TONIM, Gilberto. **A Gestão De Energia Elétrica Na Indústria – Seu Suprimento e Uso Eficiente.** 2009. 128 f. Dissertação (Mestrado). Sistemas de Potência, Departamento de Engenharia de Energia e Automação elétricas, Universidade de São Paulo. São Paulo.

ANEXO

Diagrama unifilar da entrada de energia na fábrica até o quadro geral

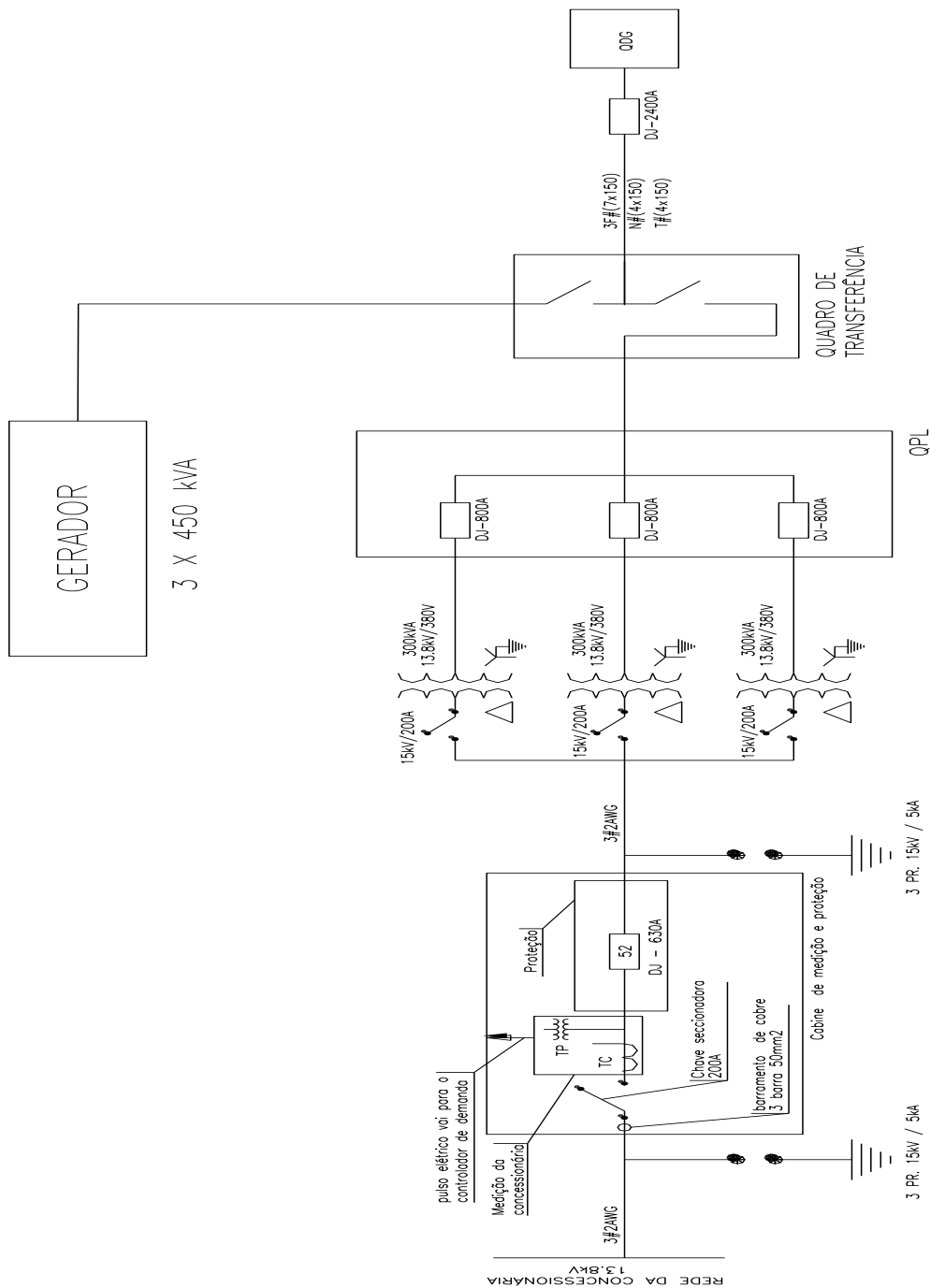


Diagrama unifilar