

JOSÉ HENRIQUE LAWDER

**ANÁLISE ENERGÉTICA E ECONÔMICA EM UMA AGROINDÚSTRIA
DE LATICÍNIOS**

CASCADEL
PARANÁ – BRASIL
FEVEREIRO – 2012

JOSÉ HENRIQUE LAWDER

**ANÁLISE ENERGÉTICA E ECONÔMICA EM UMA AGROINDÚSTRIA
DE LATICÍNIOS**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Camargo Nogueira.

Coorientador: Prof. Dr. Samuel Nelson Melegari de Souza

CASCADEL
PARANÁ – BRASIL
FEVEREIRO – 2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Biblioteca Central do Campus de Cascavel – Unioeste

Ficha catalográfica elaborada por Jeanine da Silva Barros CRB-9/1362

L44a Lawder, José Henrique
Análise energética e econômica em uma agroindústria de laticínios. /
José Henrique Lawder — Cascavel, PR: UNIOESTE, 2012.
79 f. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Camargo Nogueira
Co-Orientador: Prof. Dr. Samuel Nelson Melegari de Souza
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do
Paraná.

Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Energia na
Agricultura, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas.
Bibliografia.

1. Eficiência energética. 2. Auditoria energética. 3. Agroindústria –
Análise energética. 4. Energia elétrica – Avaliação econômica. I.
Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II. Título.

CDD 21ed. 333.79

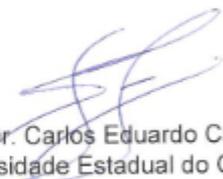
Bom mesmo é ir à luta com determinação, abraçar a vida e viver com paixão, perder com classe e vencer com ousadia. Pois o triunfo pertence a quem se atreve.
E a vida, é muito para ser insignificante.

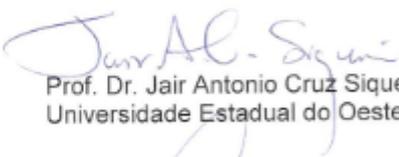
Charles Spencer Chaplin

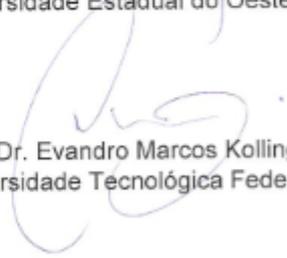
JOSÉ HENRIQUE LAWDER

"Análise energética e econômica em uma agroindústria de laticínios"

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, **aprovada** pela seguinte Banca Examinadora:

Orientador: 
Prof. Dr. Carlos Eduardo Camargo Nogueira
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel


Prof. Dr. Jair Antonio Cruz Siqueira
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel


Prof. Dr. Evandro Marcos Kolling
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR/Toledo

Cascavel, 03 de fevereiro de 2012.

À minha querida filha Renata, o renascer da nossa esperança.

Ao meu querido filho Lucas, luz do meu caminho, meu eterno motivador.

À minha recente filha do coração Viviane, pela sua ternura e carinho.

À minha querida esposa Jane, espírito de luz que clareia o meu caminho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, inteligência suprema que me permitiu chegar até este momento.

A Jesus, seu amado filho e nosso verdadeiro mestre.

À UNIOESTE e o Programa de Mestrado em Energia na Agricultura pela oportunidade que me deram de mostrar a minha pequena contribuição para a educação.

Ao Prof. Dr. Carlos Eduardo Camargo Nogueira, “Professor Duda”, grande amigo e companheiro de outras etapas, orientador incansável, madrugadas adentro.

Ao Prof. Dr. Jair Antonio Cruz Siqueira pela ajuda, paciência e colaboração.

Aos meus 19 colegas de turma pelo companheirismo, ajuda e compreensão.

À minha querida esposa Jane, pela paciência, pelo amor incondicional a mim concedido e a graça de estar sempre do meu lado. Obrigado, meu amor, pela existência feliz que me proporciona.

ÍNDICE

LISTA DE TABELAS.....	iii
LISTA DE FIGURAS.....	iv
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 A ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL.....	3
2.2 CARACTERÍSTICAS DO DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO BRASILEIRO (1970-2010).....	8
2.3 CARACTERÍSTICAS DO DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO PARANAENSE	12
2.4 A ENERGIA NA INDÚSTRIA.....	14
2.4.1 A agroindústria de laticínios.....	16
2.4.1.1 Setor de beneficiamento de leite.....	18
2.4.1.1.1 Resfriamento do leite	18
2.4.1.1.2 Pasteurização do leite	20
2.4.2 Usos finais de energia	21
2.4.2.1 Refrigeração.....	21
2.4.2.2 Força motriz	25
2.4.2.3 Iluminação.....	27
2.5 A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	29
2.5.1 Perspectivas para a conservação de energia elétrica	30
2.5.2 Diagnósticos energéticos.....	32
2.6 AVALIAÇÃO ECONÔMICA DAS MEDIDAS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA	45
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	35
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA AGROINDÚSTRIA.....	35
3.2 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA MEDIÇÃO DAS GRANDEZAS ELÉTRICAS.....	37
3.2.1 Analisador eletrônico de energia	38
3.2.2 Wattímetro	40
3.2.3 Alicates Volt-amperímetro	41

3.3 MÉTODOS	42
3.3.1 Dados coletados	42
3.3.2 Plano de implementação das medidas	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1 DADOS DA EMPRESA	47
4.1.1 Dados da produção	47
4.1.2 Insumos	48
4.1.2.1 Energia elétrica	48
4.1.3 Fator de potência.....	49
4.1.4 Curvas de carga	49
4.2 POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA POR USO FINAL.....	50
4.2.1 Transformador	50
4.2.2 Motores elétricos	52
4.2.3 Iluminação	64
4.2.4 Refrigeração	66
4.3 AVALIAÇÃO ECONÔMICA:	69
4.4 PLANO DE IMPLEMENTAÇÃO DAS MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	70
5. CONCLUSÕES	71
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
ANEXO 1.....	76

LISTA DE TABELAS

	<i>Página</i>	
Tabela 01	Evolução do PIB brasileiro e do consumo de energia elétrica (Fontes: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão; Eletrobrás, 2010).....	7
Tabela 02	Carga Instalada na Indústria.....	37
Tabela 03	Especificações técnicas do Analisador Eletrônico de Energia AE-200.....	39
Tabela 04	Especificações técnicas do Wattímetro digital modelo C80.....	40
Tabela 05	Especificações técnicas do Volt-amperímetro Digital modelo ET-3110.....	41
Tabela 06	Produção mensal da empresa.....	47
Tabela 07	Histórico de consumo e demanda de energia elétrica em 2010.....	48
Tabela 08	Medições de tensão, corrente, potência ativa e fator potência dos motores 1 a 5.....	53
Tabela 09	Medições de tensão, corrente, potência ativa e fator potência dos motores 6 a 10.....	54
Tabela 10	Medições de tensão, corrente, potência ativa e fator potência dos motores 11 a 15.....	55
Tabela 11	Medições de tensão, corrente, potência ativa e fator potência dos motores 16 a 19.....	56
Tabela 12	Medições de tensão, corrente, potência ativa e fator potência dos motores 20 a 22.....	57
Tabela 13	Dados de placa dos motores 1 a 22 e as respectivas medições em campo.....	58
Tabela 14	Dados do motor eficiente e análise econômica preliminar.....	59
Tabela 15	Medições no sistema de iluminação da empresa.....	64
Tabela 16	Proposta de efficientização do sistema de iluminação.....	65

LISTA DE FIGURAS

	<i>Página</i>
Figura 01	Matriz elétrica brasileira (Fonte: ONS, 2009)..... 4
Figura 02	Evolução do consumo de energia elétrica no Brasil (Fonte: ONS, 2009)..... 5
Figura 03	Contribuição percentual de cada setor no consumo de energia elétrica brasileiro entre 1995 e 2009 (Fonte: ONS, 2009)..... 6
Figura 04	Evolução da demanda de energia e da taxa de crescimento econômico no Brasil entre 1970 e 2030 (Fonte: Empresa de Pesquisa Energética, 2007)..... 10
Figura 05	Evolução da estrutura da oferta de energia no Brasil entre 1970 e 2030 (Fonte: Empresa de Pesquisa Energética, 2007)..... 11
Figura 06	Comparativo da participação das fontes de energia na matriz energética no Brasil entre 2005 e 2030 (Fonte: Empresa de Pesquisa Energética, 2007)..... 12
Figura 07	Consumo global de energia primária no Paraná (Fonte: COPEL) 13
Figura 08	Consumo energético por região no Estado do Paraná (Fonte: COPEL, 2009)..... 14
Figura 09	Participação dos energéticos no consumo industrial brasileiro (Fonte: Ministério de Minas e Energia, Balanço Energético Nacional, 2009)..... 15
Figura 10	Comparativo entre as fontes de energia no setor industrial paranaense (Fonte: COPEL, 2009)..... 16
Figura 11	Evolução da estrutura de oferta de eletricidade no Brasil (Fonte: Empresa de Pesquisa Energética, 2007)..... 32
Figura 12	Analisador eletrônico de energia AE-200..... 38
Figura 13	Wattímetro digital..... 40
Figura 14	Alicate Volt-amperímetro digital..... 41

Figura 15	Medição de corrente e tensão no barramento secundário do transformador.....	50
Figura 16	Grandezas apontadas pelo analisador eletrônico de energia.....	51
Figura 17	Fluxo de Caixa.....	69

Anexo 1

Figura 1	Curva de carga média, segunda-feira 06/12/2010.....	76
Figura 2	Curva de carga média, terça-feira 07/12/2010.....	76
Figura 3	Curva de carga média, quarta-feira 08/12/2010.....	77
Figura 4	Curva de carga média, quinta-feira 09/12/2010.....	77
Figura 5	Curva de carga média, sexta-feira 10/12/2010.....	78
Figura 6	Curva de carga média, sábado 11/12/2010.....	78
Figura 7	Curva de carga média, domingo 12/12/2010.....	79

RESUMO

LAWDER, José Henrique, M.sc., Universidade Estadual do Oeste do Paraná, fevereiro de 2012. **Análise energética e econômica em uma agroindústria de laticínios**. Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Camargo Nogueira. Coorientador: Prof. Dr. Samuel Nelson Melegari de Souza.

Este trabalho de pesquisa se constituiu num estudo de caso referente a uma Auditoria Energética que se efetuou na empresa Laticínios Guaíra Ltda, entidade industrial produtora de alimentos lácteos, localizada na cidade de Guaíra, Extremo-Oeste paranaense. Localizada numa região de altas temperaturas médias na estação de verão, a empresa necessita gerar frio em grande escala para produção e conservação dos alimentos lácteos produzidos. Isto motivou a fazer um estudo minucioso sobre a transformação de energia dentro da empresa, além de um completo diagnóstico dos usos finais da empresa, tais como: força motriz, refrigeração e iluminação. A estratégia deste trabalho consistiu em acompanhar o processo produtivo da empresa, indicando pontos de possíveis melhorias na metodologia de trabalho da unidade. Ao final do estudo, uma análise de viabilidade técnica e econômica mostrou aos proprietários da empresa as ações que poderiam ser efetivadas e o ganho financeiro auferido com estas medidas. Um dos principais resultados obtidos com as recomendações desta auditoria foi a redução de 11.490,50 kWh por mês no consumo de energia elétrica da empresa, representando uma economia mensal de R\$ 2.191,35 na fatura de eletricidade. A conclusão do estudo confirmou a viabilidade econômica das medidas de eficiência energética apresentadas, através da substituição das lâmpadas e motores por outros mais eficientes. Os valores do *payback* descontado de trinta meses, a taxa interna de retorno de 3,93% ao mês e a relação custo-benefício de 0,30 justificam a viabilidade econômica das medidas de conservação propostas.

Palavras-chave: Eficiência energética, energia elétrica, auditoria energética

ABSTRACT

LAWDER, José Henrique, M.sc., State University of West Paraná, February of 2012. **Economic and energy analysis on dairy agroindustry.** Adviser: Dr. Carlos Eduardo Camargo Nogueira. Co-adviser: Dr. Samuel Nelson Melegari de Souza.

This research constituted a case study related to an energy audit that was done in the Laticínios Guaíra Ltda company, a dairy producer industrial entity, located at Guaira city, western Paraná. Located in a region of high average temperatures in the summer season, the company needs to generate large-scale cold for dairy food production and preservation produced. This motivated us to do a close study about the transformation of energy within the company, plus a full diagnosis of end uses of the company such as driving force, cooling and lighting. The strategy of this work was to monitor the company's production process, indicating points of possible improvements in the work methodology of the unit. At the end of the study an analysis of technical and economic viability showed to the owners of the organization which actions could be able to take effect and the financial gain realized with these measures. The main results obtained with the recommendations of this audit were the reduction of 11.490,50 kWh per month in electricity consumption of the company, representing a monthly savings of R\$ 2.191,35 in electricity bills. The conclusion of the study confirmed the economic viability of energy efficiency measures presented by replacing lamps and motors with more efficient ones. The discounted payback values of thirty months, the internal rate of return of 3.93% a month and cost-benefit ratio of 0.30 justify the economic feasibility of the proposed conservation measures.

Keywords: Energy efficiency, electric energy, energy audit

1. INTRODUÇÃO

Eficiência energética é um conceito dinâmico que está associado ao crescimento econômico, à produtividade, à proteção do meio ambiente e ao desenvolvimento sustentável. É a maximização do efeito útil desejado e minimização das perdas ou irreversibilidades. No Brasil, a eletricidade contribuiu significativamente durante os últimos 40 anos para o desenvolvimento econômico da Nação e para a melhoria da qualidade de vida da população, proporcionada pela expansão dos usos finais tais como iluminação e eletrodomésticos.

O setor industrial teve grande parte de seu desenvolvimento impulsionado pela energia elétrica, de tal forma que responde atualmente por 46% do consumo total de eletricidade do País (BRASIL, 2009).

Para atender ao rápido crescimento do consumo de eletricidade foram necessários vultosos investimentos, inicialmente realizados pelo poder público, na construção de usinas hidrelétricas e ampliação dos sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica. Porém, segundo Geller (1994), a tradicional abordagem das concessionárias de energia elétrica do País, de incentivo ao uso da eletricidade e de rápida expansão dos suprimentos de energia, foi abandonada; principalmente, devido às restrições orçamentárias e ambientais. Hoje, o discurso pelo aumento da demanda de eletricidade foi substituído pela racionalização no uso da energia e procura de outras fontes energéticas, especialmente as renováveis. As concessionárias de energia elétrica deixaram de atuar como empresas de fomento para se transformarem em prestadoras de um serviço essencial para a população e para o desenvolvimento econômico e social do País.

Diante deste espectro, a efficientização energética passou a ser considerada como um dos instrumentos capazes de garantir a oferta de energia necessária nos próximos anos. Segundo Tolmasquim, Guerreiro e Gorini (2007), no ano de 2030 a eficiência energética representará 4% do total da matriz elétrica brasileira, representando uma forma virtual de geração de energia elétrica.

A conservação de energia elétrica não implica em racionamento, mas na eliminação de desperdícios, promovendo seu uso racional, sem comprometer o conforto, a produtividade, a qualidade dos produtos e serviços e a segurança. O melhor aproveitamento do uso da energia implica em ~~maximizar~~ elevar ao máximo o

seu efeito útil (potência mecânica, calor, frio e vapor) e tornar mínimas as irreversibilidades (perdas por efeito Joule, atrito e isolamento térmico).

Este trabalho apresentou um estudo de efficientização de energia elétrica numa agroindústria do setor de laticínios localizada na cidade de Guaíra - PR, com o objetivo geral de efetuar uma auditoria energética de suas instalações, analisando o consumo de energia elétrica associado aos processos produtivos, sistemas e equipamentos existentes. Para tanto foi necessário:

- a) Identificar e quantificar as cargas instaladas na agroindústria, verificando a energia consumida e a potência demandada em cada uma delas;
- b) Determinar o potencial de conservação de energia para os usos finais existentes na empresa, por meio da identificação de oportunidades para implantação de medidas que otimizassem o uso da energia;
- c) Efetuar um estudo de viabilidade econômica que apontasse para a implementação das medidas de eficiência energética.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

A geração de energia elétrica no Brasil é feita essencialmente por usinas hidrelétricas. Segundo o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), a hidroeletricidade representa 69,9% da matriz elétrica brasileira. Este parque gerador foi planejado e concebido durante o período do governo militar (1964-1985) para suprir a expansão industrial do Brasil. Nesta época algumas questões, como impactos sociais e ambientais, foram consideradas secundárias diante da urgência de prover o país com a energia elétrica necessária para assegurar seu desenvolvimento, especialmente durante os anos da década de 1970-1980, além de alavancar o setor industrial (SÓRIA e FILIPINI, 2010).

Naquele período, as constantes elevações no preço do petróleo apontavam para a necessidade de uma maior diversidade na geração de energia aliada a uma maior racionalização do seu uso.

Surge então, no Brasil, um processo de massificação da energia elétrica utilizando-se de seu potencial hidráulico para a geração da eletricidade em substituição aos derivados de petróleo em alguns processos térmicos e industriais. A Figura 1 mostra a matriz elétrica brasileira.

A energia elétrica na forma alternada, até o momento, não pode ser armazenada. Logo, quando ligamos uma carga desencadeamos uma série de efeitos no sistema elétrico, que deve gerar, transmitir, distribuir e suprir a energia elétrica no local em que ela foi solicitada, de forma praticamente instantânea. Os aproveitamentos hidrelétricos mais atraentes, próximos aos centros de carga e em bacias hidrográficas mais propícias à construção de usinas de grande porte, foram explorados preferencialmente.

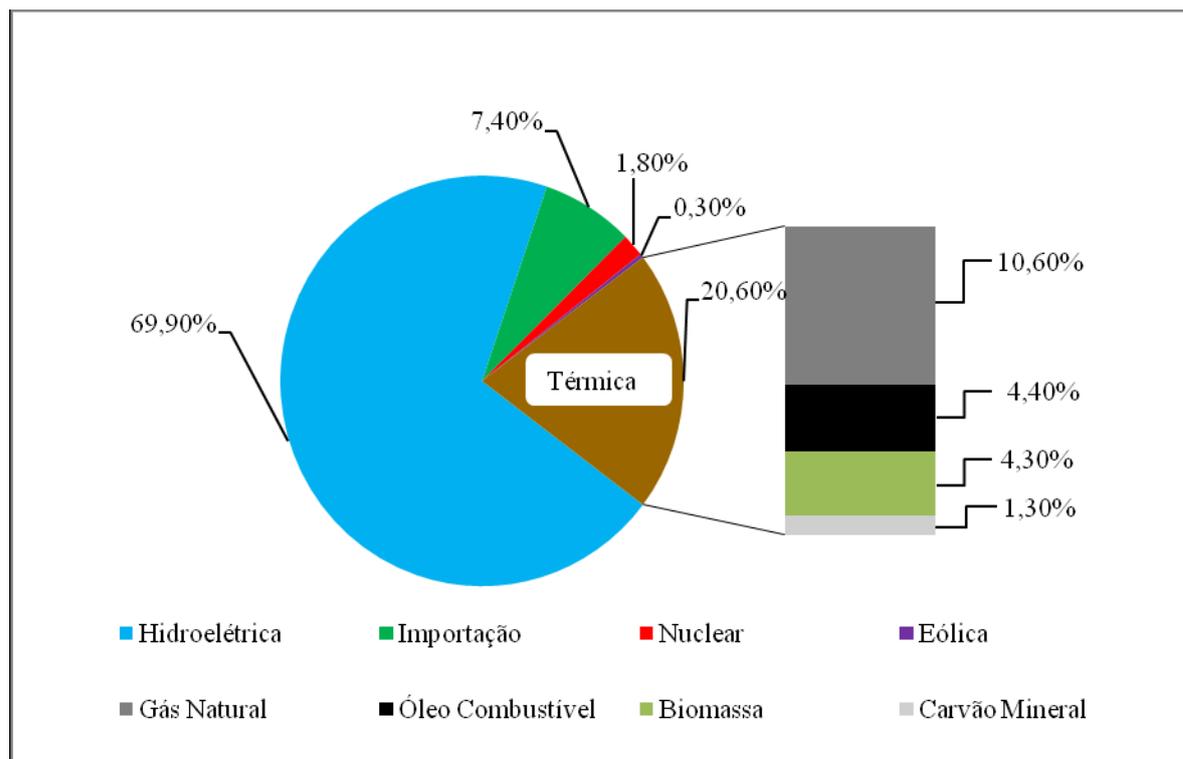


Figura 1: Matriz elétrica brasileira (Fonte: ONS, 2009).

Desta forma, mesmo através de hidrelétricas, os custos de implantação de novas usinas tendem a ser cada vez mais altos, além do maior custo para se transportar essa energia que passa a ser gerada cada vez mais distante dos centros de carga. Aliado a isso, as questões sociais e ambientais passaram a ser bastante restritivas à implantação de novas usinas e linhas de transmissão. Mesmo a geração hidrelétrica, que se supunha ser uma forma limpa, a partir da segunda metade dos anos 1990 passou a ser apontada como emissora de gases agressivos ao meio ambiente. Os reservatórios das usinas hidrelétricas de Itaipu, no Rio Paraná, e Balbina, no Rio Uatumã (Bacia Amazônica), já são apontadas como emissoras de efeito estufa devido à eutrofização dos lagos e decomposição de matéria orgânica, haja vista que alagaram extensas áreas de lavoura e floresta, respectivamente. Isto fez com que o setor elétrico brasileiro passasse a enxergar a questão energética com outros olhos. Gerações pontuais, através de pequenos aproveitamentos hidrelétricos, passaram a ser incentivados pelo poder público concedente de forma a incrementar a produção de energia elétrica no Brasil. Incentivo à produção de fontes alternativas de energia elétrica utilizando-se combustíveis renováveis também

passaram a integrar o planejamento estratégico do setor elétrico brasileiro. A autoprodução, a produção independente de energia e a geração distribuída passaram a fazer parte do catálogo de opções energéticas a serem desenvolvidas. A Figura 2 apresenta a evolução do consumo de energia elétrica no Brasil entre os anos de 1995 e 2009, estratificado por setores da economia.

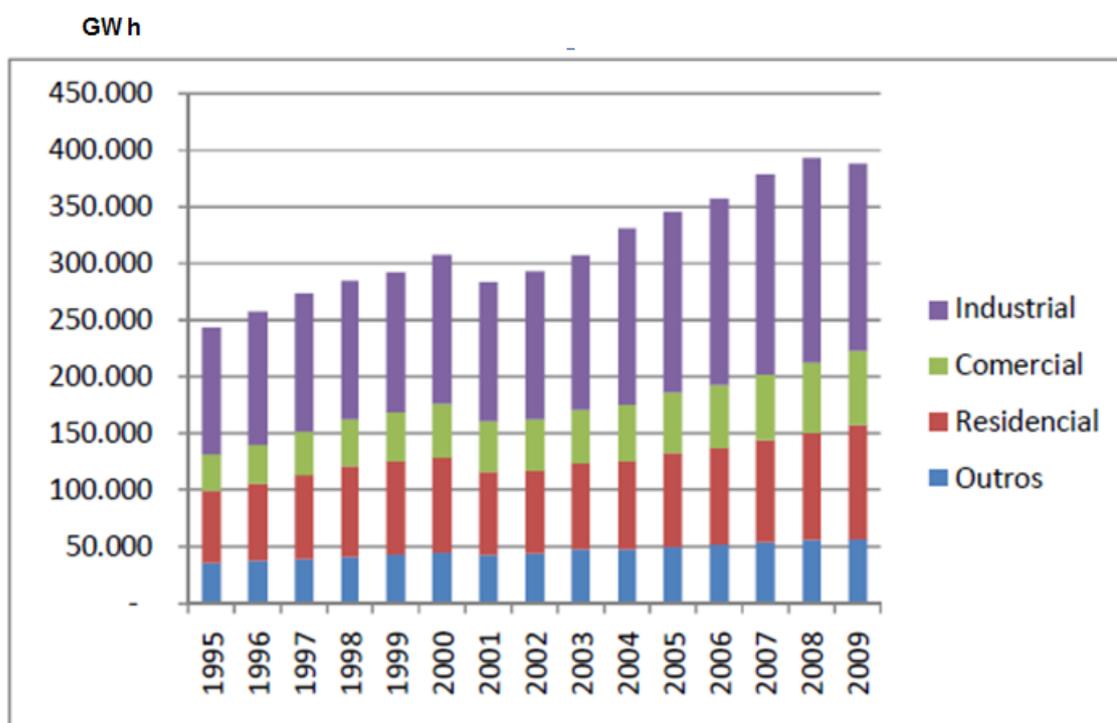


Figura 2: Evolução do consumo de energia elétrica no Brasil (Fonte: ONS, 2009).

Pelo gráfico da Figura 2 observa-se que, à exceção do ano de 2001, no qual ocorreu a crise energética, e de 2009, ano de recessão econômica, o consumo de energia tem evoluído de forma quase linear uma vez que os crescimentos industrial e populacional (fatores que mais contribuem para o consumo) apresentaram uma evolução regular.

Os níveis de consumo de energia elétrica passaram de cerca de 250.000 GWh no ano de 1995 para aproximadamente 390.000 GWh no ano de 2009, um aumento de 56% na demanda, ou seja, cerca de 4% ao ano. A população brasileira no mesmo período aumentou de 161.400.000 habitantes para 191.500.000 habitantes, (IBGE 2010), ou seja, um aumento de 18,64% no período.

O setor industrial é o maior consumidor de energia elétrica, com um histórico próximo de 45% do total, seguido pelo setor residencial com 25%, e o comercial com 15%, conforme demonstra a Figura 3. Os demais setores apontados englobam os prédios públicos, iluminação pública, transportes e o consumo das operadoras de energia (ONS, 2009).

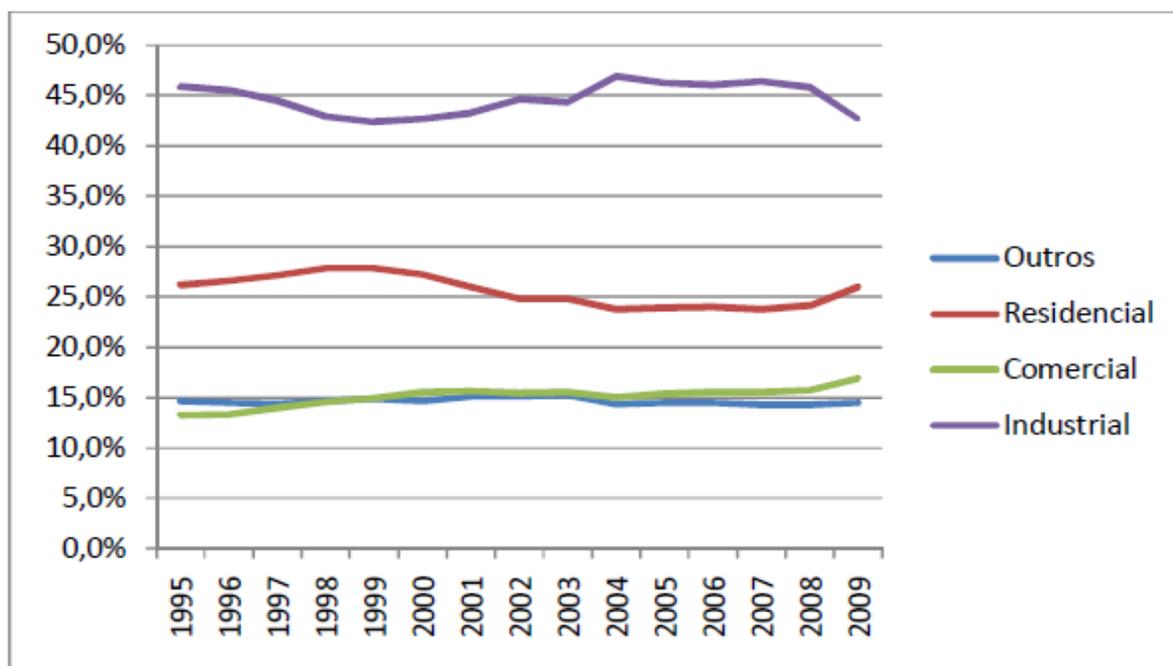


Figura 3: Contribuição percentual de cada setor no consumo de energia elétrica brasileiro, entre 1995 e 2009 (Fonte: ONS, 2009).

Atualmente, verifica-se que o setor industrial absorve quase metade de tudo o que é gerado. Este dado ajuda a entender porque o crescimento econômico está tão intimamente relacionado com o consumo de energia elétrica.

Segundo Lobo (2000), a análise da evolução do consumo realizada pela ELETROBRÁS, relativamente à economia nacional e ao consumo de energia global, destaca duas evidências:

- a) Há uma progressiva mudança estrutural na dinâmica de evolução destes dois indicadores;

b) Apesar desta mudança, o consumo de energia elétrica segue trajetória de crescimento permanentemente superior à evolução da economia e do consumo de energia global.

De fato, se de um lado a elasticidade energia-renda do consumo de eletricidade (relação entre o crescimento do consumo de energia elétrica e o crescimento do PIB) tem decrescido nos últimos anos, indicando alterações estruturais na economia, de outro, um componente inercial da dinâmica do mercado de eletricidade explica seu maior crescimento relativo.

O primeiro aspecto é uma provável consequência da utilização de tecnologias mais eficientes no uso final da eletricidade, sobretudo nos últimos anos. O segundo pode ser associado à expansão crescente na demanda de energia elétrica, em razão da modernização dos diversos setores da economia, do crescimento populacional e da extensão das redes elétricas (ELETROBRÁS, 1999).

A Tabela 1 reúne indicadores da evolução da economia e do consumo de energia elétrica do Brasil entre 2000 e 2010.

Tabela 1: Evolução do PIB brasileiro e do consumo de energia elétrica
(Fontes: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão; Eletrobrás, 2010)

Ano	PIB R\$ trilhões	Incremento % em relação ao ano anterior	Consumo de Energia Elétrica (GWh)	Incremento % em relação ao ano anterior
2000	1,179		310.000	
2001	1,302	10,4	280.000	-9,67
2002	1,477	13,44	290.000	3,57
2003	1,699	15,03	310.000	6,89
2004	1,941	14,24	330.000	6,45
2005	2,147	10,61	345.000	4,54
2006	2,322	8,15	355.000	2,89
2007	2,562	10,33	375.000	5,63
2008	2,889	12,76	395.000	5,33
2009	3,140	8,68	390.000	1,26
2010(Prev.)	3,500	11,46		
Crescimento médio no período %		11,51		2,98

O decréscimo no consumo entre os anos de 2000 e 2001 foi consequência do racionamento decretado pelo governo federal.

2.2 CARACTERÍSTICAS DO DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO BRASILEIRO (1970-2010)

Desde a Revolução Industrial, no século 19, a competitividade econômica dos países e a qualidade de vida de seus cidadãos são intensamente influenciadas pela energia. Em um mercado global e, em face das crescentes preocupações com o meio ambiente, essa influência se mostra cada vez mais intensa e decisiva.

Nesse contexto, as economias que melhor se posicionam quanto ao acesso a recursos energéticos de baixo custo e de baixo impacto ambiental obtêm importantes vantagens comparativas. Nas próximas décadas, essa questão se apresenta para o Brasil a um só tempo como um desafio e uma oportunidade. Desafio, porque o desenvolvimento econômico e social demandará uma expressiva quantidade de energia e, com isso, um alto grau de segurança e de sustentabilidade energéticas. Oportunidade, porque o Brasil dispõe de condições especialíssimas de recursos renováveis e de tecnologia para transformar suas riquezas naturais em energia e dessa forma agregar valor à sua produção de riqueza. Para enfrentar esse desafio e aproveitar essa oportunidade, é necessário orientar e catalisar esforços de investidores, empreendedores e consumidores do setor, visando uma adequada interação entre esses atores. Nesse sentido, é fundamental a contribuição das instituições e equipes responsáveis pelo planejamento energético nacional, antecipando as situações, mapeando as alternativas, sugerindo estratégias, enfim, norteando as decisões. As necessárias transformações no setor nos próximos 25 anos compreendem capacitação tecnológica, capacidade de gestão e inovação, viabilização de recursos para os investimentos e capacidade de articulação institucional, entre outras ações.

Ao longo do século 20 o Brasil experimentou intenso desenvolvimento econômico, que se refletiu numa crescente demanda de energia primária. Entre os fatores que determinaram tal crescimento alinham-se um expressivo processo de industrialização, com a instalação de plantas energo-intensivas, e uma notável expansão demográfica, acompanhada de rápido aumento da taxa de urbanização. Considerando-se apenas o período a partir de 1970, a série histórica da evolução do consumo de energia e do crescimento populacional indica que naquele ano a demanda de energia primária era inferior a 70 milhões de tEP (toneladas

equivalentes de petróleo), enquanto a população atingia 93 milhões de habitantes. Em 2000 a demanda de energia quase triplicou, alcançando 190 milhões de tEP, e a população ultrapassava 170 milhões de habitantes (TOLMASQUIM, GUERREIRO E GORINI, 2007).

Note-se que o crescimento econômico não foi uniforme durante o período. A taxa média anual, de 3,5%, oscilou de 5,5% na década 1970-80 a 2,2% e 3% nas décadas seguintes, quando o crescimento apresentou volatilidade em razão de sucessivas crises macroeconômicas. No entanto, mesmo nos períodos de taxas menores — como aqueles que se seguiram aos planos Cruzado (1986) e Real (1994) — sempre se verificou significativa expansão do consumo de energia nos intervalos em que houve uma expansão mais vigorosa da economia. Isso indica que em um ambiente de maior crescimento econômico deve se esperar maior crescimento da demanda de energia (TOLMASQUIM, GUERREIRO E GORINI, 2007). Em conformidade com a previsão que se pode formular para a economia brasileira, os estudos de longo prazo conduzidos pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) apontam forte crescimento da demanda de energia nos próximos 25 anos. Estima-se que a oferta interna de energia crescerá de 3,6% e 3,4% ao ano nos períodos 2010-20 e 2020-30, respectivamente, devido a, sobretudo, uma maior eficiência energética tanto do lado da demanda como da oferta. No entanto, esse crescimento deve ser qualitativamente diferente. Além de um crescimento sustentado, pode-se esperar um aumento muito mais intenso da renda *per capita* e também uma melhor distribuição de renda.

A Figura 4 apresenta a evolução da demanda de energia e da taxa de crescimento econômico do Brasil no período de 1970 a 2010 e a previsão até o ano de 2030.

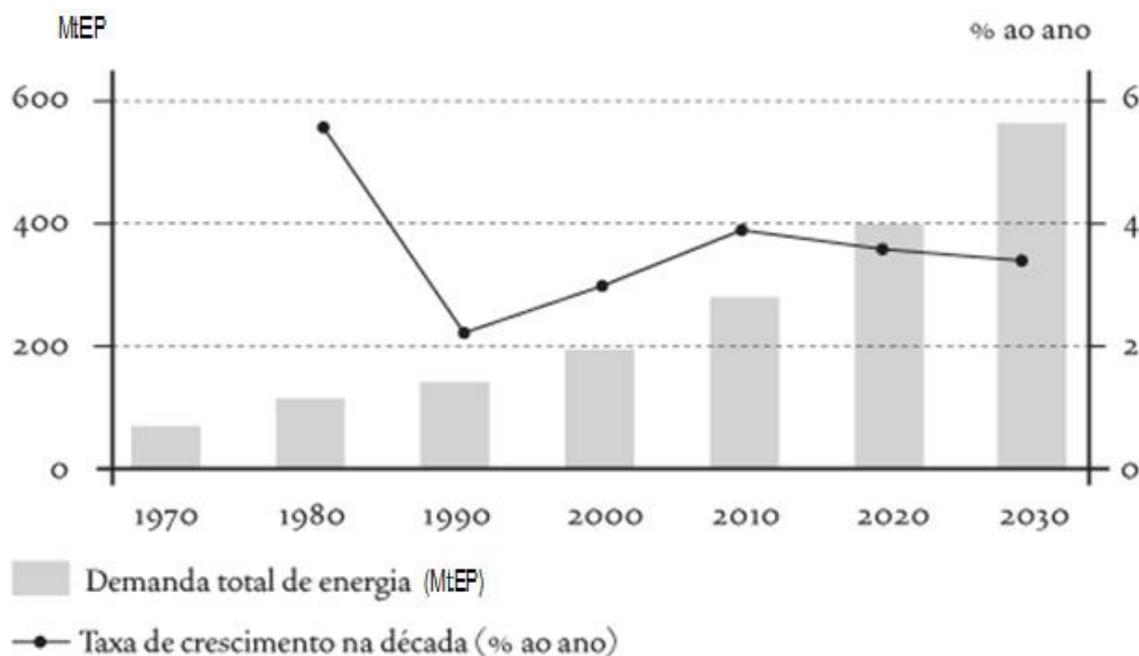


Figura 4: Evolução da demanda de energia e da taxa de crescimento econômico no Brasil entre 1970 e 2030 (Fonte: Empresa de Pesquisa Energética, 2007).

Cabe ressaltar uma clara tendência de diversificação da matriz energética brasileira. Como se pode observar na Figura 5, em 1970 apenas duas fontes de energia, petróleo e lenha, respondiam por 78% do consumo, enquanto que em 2000, três fontes correspondiam a 74% do consumo: além de petróleo e lenha, a energia hidráulica. Projeta-se para 2030 uma situação em que quatro fontes serão necessárias para satisfazer 77% do consumo: além de petróleo e energia hidráulica, cana-de-açúcar e gás natural — com redução da importância relativa da lenha (EPE, 2007).

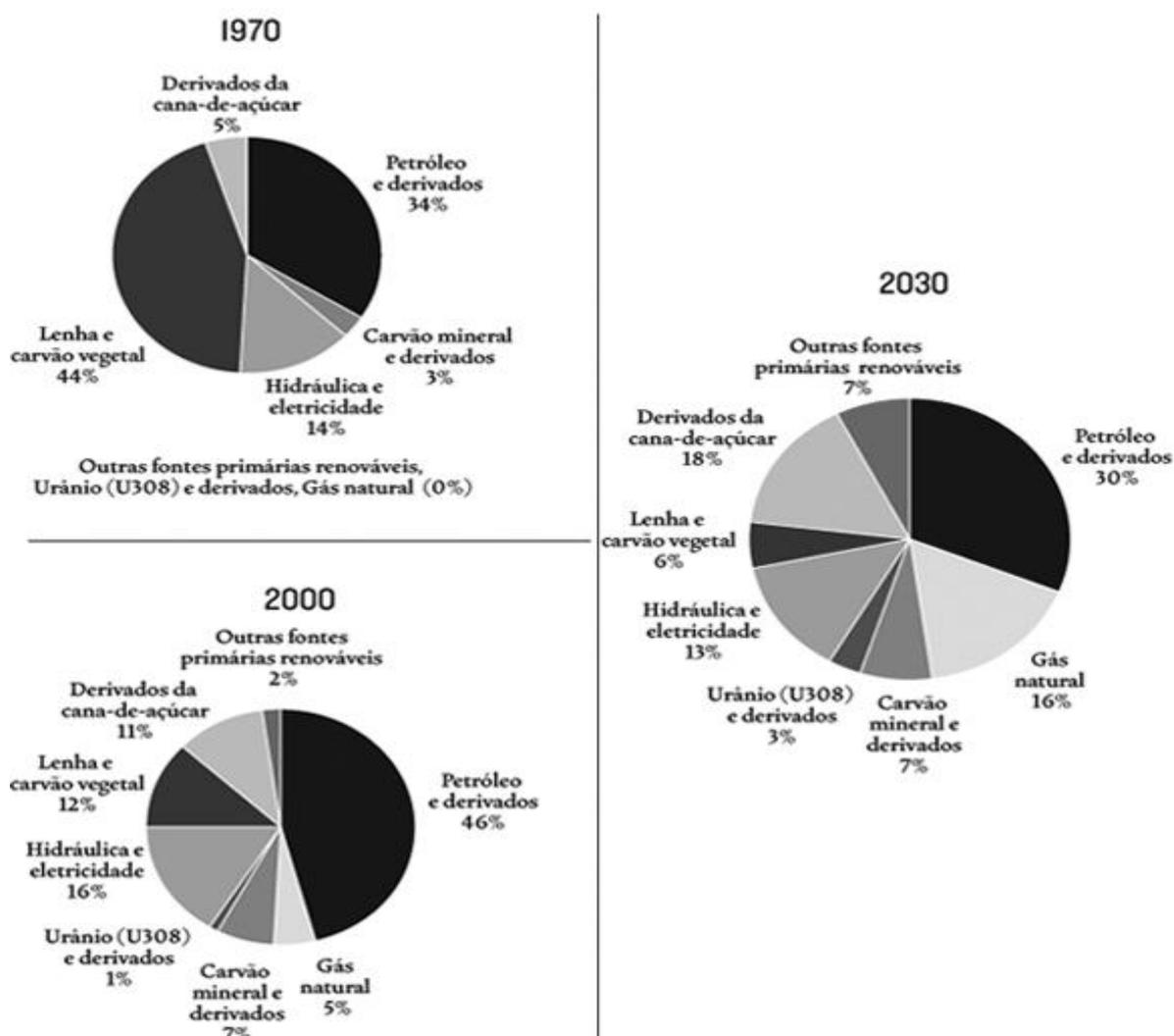


Figura 5: Evolução da estrutura da oferta de energia no Brasil entre 1970 e 2030 (Fonte: Empresa de Pesquisa Energética, 2007).

Destaque-se ainda a reversão da tendência de redução da participação das fontes renováveis na matriz energética brasileira. Em 1970, essa participação era superior a 58%, em virtude da predominância da lenha. Com a introdução de recursos energéticos mais eficientes, a participação das fontes renováveis caiu para 53% no ano 2000 e chegou a 44,5% em 2005 (TOLMASQUIM, GUERREIRO e GORINI, 2007).

Essa tendência deve se manter nos próximos anos, mas visualiza-se a possibilidade de reversão a partir de 2010, como indicado na Figura 6.

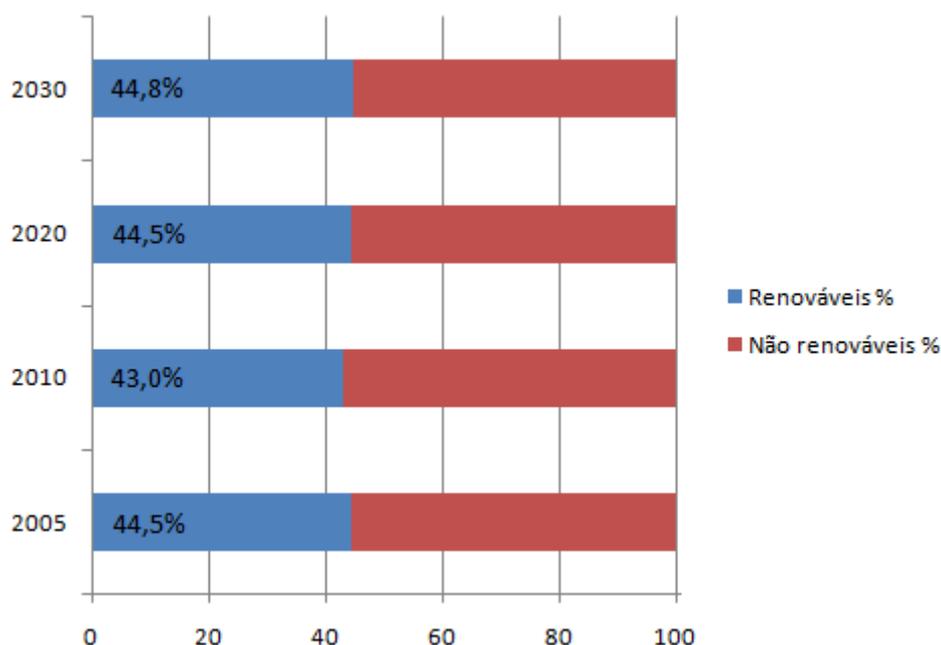


Figura 6: Comparativo da participação das fontes de energia na matriz energética no Brasil entre 2005 e 2030 (Fonte: EPE, Empresa de Pesquisa Energética, 2007).

2.3 CARACTERÍSTICAS DO DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO PARANAENSE

De acordo com COPEL (2009), em 2008 o Paraná consumiu 17,363 milhões de toneladas equivalentes de petróleo de energia primária, sendo que, 52,1% deste consumo são oriundos de energias renováveis, totalizando 9,046 milhões de tEP; e 47,9% (8,317 milhões de tEP) são provenientes de fontes não renováveis de energia. Das fontes renováveis, os produtos da cana detêm a maior participação com 18,7%, pelo fato de o Paraná ser o segundo maior produtor de cana-de-açúcar do país, somente atrás de São Paulo, cuja produção foi de 340 milhões de toneladas em 2008. Segundo a Associação de Produtores de Bioenergia do Estado do Paraná (ALCOPAR), a safra estadual 2008/2009 foi de aproximadamente 45 milhões de toneladas em uma área de 556 hectares, 14,3% superior à área de plantio de 2007. A Figura 7 a seguir demonstra esta situação:

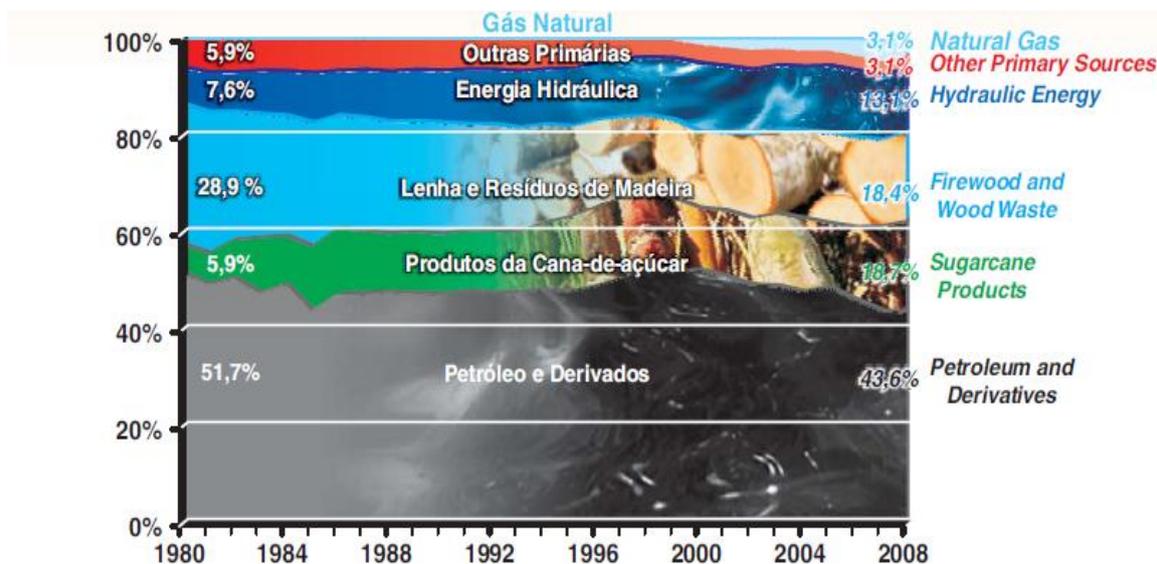


Figura 7: Consumo global de energia primária no Paraná (Fonte: COPEL, 2009).

A fonte energética mais utilizada no Paraná continua sendo o petróleo, com participação de 43,6% no consumo global de energia em 2008. Segundo COPEL (2009), do total do consumo energético final paranaense, 37,9% foram absorvidos pela indústria, 32,9% pelo setor de transportes, 10,2% pelo setor energético, 9,1% pelo setor residencial, 5,8% pelo setor agropecuário, 2,6% pelo setor comercial e 1,5% pelo setor público. O setor que mais cresce em consumo energético no Estado do Paraná é o transporte, acumulando um aumento global de 31,07% na última década. Em relação ao consumo nacional de energia primária, a participação paranaense, que em 1980 era de 5,5%, evoluiu para 6,7% em 2006.

Em relação à participação no consumo em 2006, das principais regiões do Estado, a região Leste foi responsável por 35,6%, a Centro-Oeste por 18,6%, a Noroeste por 17,3%, a Norte por 14,8% e a Oeste por 13,7% (COPEL 2009).

O Estado do Paraná, segundo COPEL (2009), apresentou produção de energia neste ano de 12,028 milhões de tEP e consumo de 15,094 milhões de tEP, sendo assim um importador líquido de energia. A Figura 8, a seguir, mostra o consumo do Paraná por região segundo o Balanço Energético do Paraná.

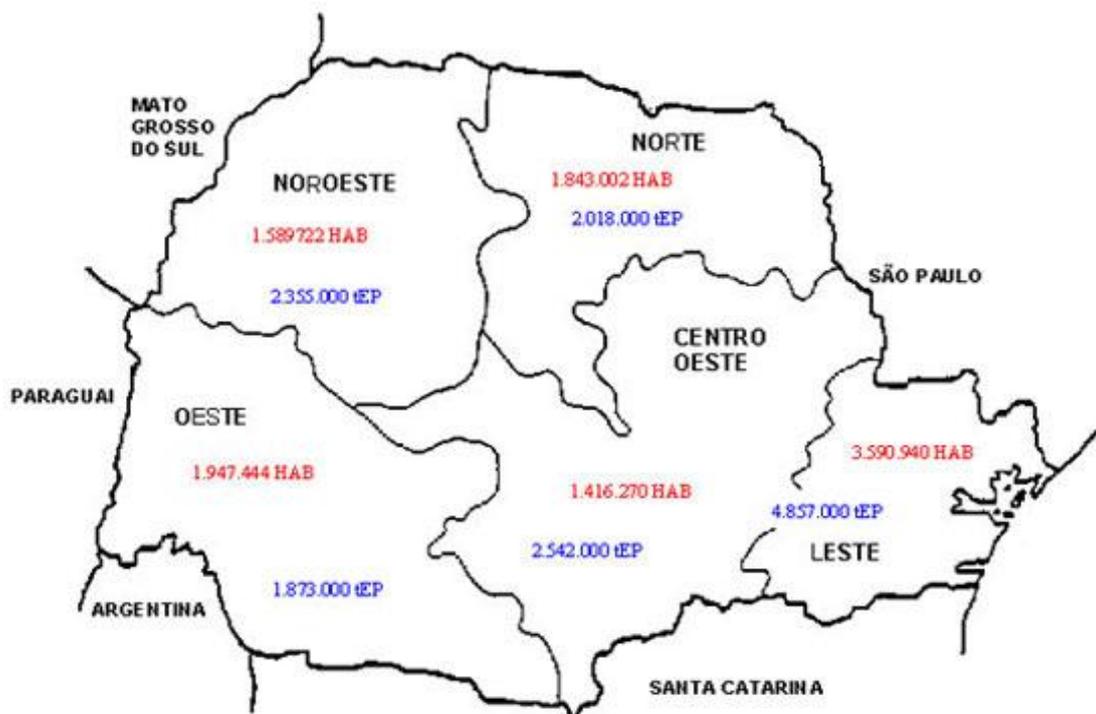


Figura 8: Consumo energético por região no Estado do Paraná (Fonte: COPEL, 2009).

O mapa apresentado na Figura 8 mostra claramente que a região Leste, onde está a região metropolitana de Curitiba, é a que mais consome energia devido a sua grande concentração industrial e populacional.

2.4 A ENERGIA NA INDÚSTRIA

Dados contidos no Balanço Energético Nacional de 2009(,) demonstram que a eletricidade é a fonte de energia mais utilizada pelo setor industrial brasileiro, com um consumo de 17,083 milhões de tEP no ano de 2008, fazendo sua participação no consumo total de energia do setor atingir 20,33%. Neste ano de 2008 o bagaço de cana, o carvão mineral e o gás natural representaram respectivamente 18,75%, 12,54% e 10,03% do consumo total de energia do setor. A participação dos diversos energéticos para o setor industrial brasileiro pode ser verificada na Figura 9.

1000 tEP

	2008	2007	△ %
Eletricidade	17.083	16.565	3,1%
Bagaço de Cana	15.748	16.152	-2,5%
Carvão Mineral ¹	10.538	10.460	0,7%
Gás Natural	8.425	8.092	4,1%
Carvão Vegetal	5.683	5.649	0,6%
Lenha	6.344	6.065	4,6%
Óleo Combustível	4.451	4.247	4,8%
Outras Fontes ²	15.718	14.685	7,0%
Total	83.988	81.915	2,5%

¹ Inclui coque de carvão mineral

² Inclui lixívia, óleo diesel, GLP e coque de petróleo, dentre outros

Figura 9: Participação dos energéticos no consumo industrial brasileiro
(Fonte: Ministério de Minas e Energia, Balanço Energético Nacional, 2009).

Segundo COPEL (2009), no ano de 2008 as indústrias do Paraná consumiram 5,987 milhões de tEP, 12,8% superior às 5,309 milhões de tEP consumidas no ano anterior. Do total consumido, os resíduos de madeira apresentaram a maior participação (25,3%), seguido do bagaço de cana (23%), da eletricidade (15,4%), da lenha (10,8%) e de outras fontes secundárias (9%), destacando que englobam o gás de refinaria e o coque de petróleo, energético consumido nas cimenteiras do Estado. O comportamento das fontes de energia no setor industrial paranaense, de 1999 a 2008, é apresentado na Figura 10:

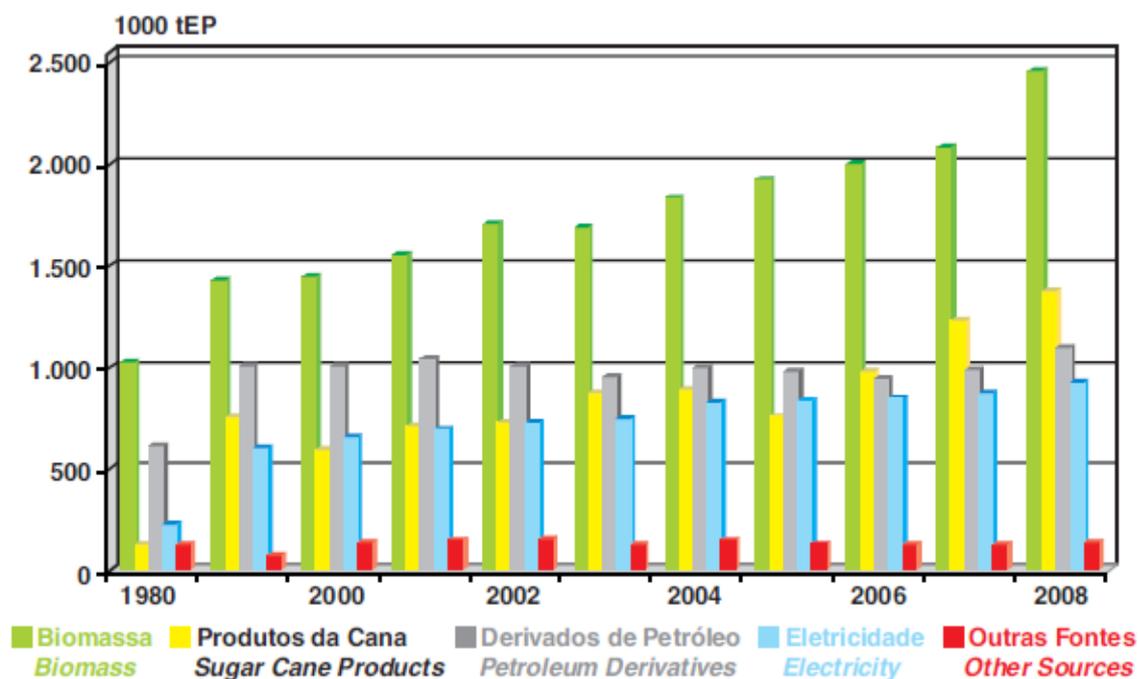


Figura 10: Comparativo entre as fontes de energia no setor industrial paranaense (Fonte: COPEL, 2009).

2.4.1 A agroindústria de laticínios

Segundo o Estudo de Otimização Energética - Setorial Laticínios (CEMIG, 1989), 80% das indústrias do estado de Minas Gerais são de pequeno e médio porte, ou seja, tem capacidade de processamento de até 50 mil litros de leite por dia e possuem processo de produção conforme descrito a seguir:

a) Produção de queijo: o leite é submetido ao processo de pasteurização, através da elevação de sua temperatura a 75°C, por um período de 4 segundos, seguido de rápido resfriamento a temperaturas que variam de 3 a 5°C. O pasteurizador de placas permite o aproveitamento de parte de energia absorvida pelo leite durante o aquecimento a 75°C para pré-aquecer o leite frio que está entrando no equipamento. O leite frio que entra para a pasteurização pré-resfria o leite quente (75°C) na saída do pasteurizador, diminuindo o consumo de energia elétrica necessária ao resfriamento. A coagulação é a etapa seguinte e a mais importante na fabricação do queijo,

pois é o momento em que o leite é solidificado. Em seguida vem o corte da coalhada, onde o queijo assume sua identidade passando por um processo de retirada do soro natural do leite, assumindo características distintas em sua consistência. A partir daí cada tipo de queijo sofre um tratamento diferenciado conforme sua cura, maturação e secagem;

b) Produção de doce de leite: o leite destinado à produção de doce de leite deve ser de boa qualidade, com acidez máxima de 19°D (grau Dornic, onde 1°D corresponde a 0,1g de ácido láctico por litro de leite), com 1,5% de gordura ou mesmo integral. O processo de produção inicia-se no tacho dotado de camisa de vapor e agitador, onde são adicionados bicarbonato de sódio (NaHCO_3), na quantidade suficiente para reduzir a acidez do leite para 13°D, e açúcar (sacarose) de boa qualidade e sem acidez, na proporção de 18% para doce pastoso e 30% para doce em tablete. Processa-se o aquecimento (concentração) desta mistura, controlando a pressão do vapor para 20 libras. O tempo total de aquecimento para concentração é de aproximadamente 2 horas e 20 minutos para o doce de leite pastoso. A adição de sabores deve ser feita 40 minutos antes do ponto final. A glicose tem a finalidade de reduzir a cristalização e melhorar a aparência, o brilho e viscosidade do doce, devendo ser adicionada na proporção de 2%, previamente dissolvida em igual quantidade de leite, 30 minutos antes do ponto final. Após determinado ponto, é fechado o aquecimento, fazendo circular água fria para resfriar o doce a 75°C, com o agitador ligado. Em seguida, o doce pode ser embalado em temperaturas que variam de 70 a 75°C;

c) Produção de requeijão: na recepção, o leite cuja análise indicar um teor de acidez mais elevado permanece nos latões, para, em seguida, ser conduzido ao tanque coagulador de requeijão, permanecendo neste por cerca de 18 horas à temperatura de 20°C. A massa coagulada é aquecida a 50°C em tacho encamisado, quando ocorre a dessoragem do leite. Em seguida, a massa é lavada com água a 50°C e leite, sendo transferida para o tacho de requeijão. Nessa fase da fabricação, verifica-se o maior dispêndio

de energia. Adiciona-se, primeiramente, o leite desnatado (2% em peso) e à medida que se aquece a massa a 65°C, por meio de vapor indireto, acrescenta-se sal, continuando o aquecimento até a fusão da massa a aproximadamente 90°C. Durante a última fase de aquecimento, é adicionado creme na proporção de 4 a 5% em peso. Após a fusão da massa, o produto é embalado e encaminhado à expedição;

d) Produção de iogurte: é originário da fermentação do leite através da cultura de lactobacilos. O leite, depois de pasteurizado, é mantido a uma temperatura de 50°C e após algumas horas, resfriado para que haja redução da atividade metabólica da cultura inicial, controlando assim a acidez do produto.

Oliveira e Araújo (2007) citam em artigo que o Brasil é o quarto maior produtor mundial de leite, sendo responsável por 66% da produção do MERCOSUL.

2.4.1.1 Setor de beneficiamento de leite

Os processos de beneficiamento do leite visam melhorar a sua qualidade, conservação e condições de armazenamento e transporte. Para efeito de análise do processo em relação à utilização racional de energia, este pode ser dividido em resfriamento do leite e pasteurização do leite (CEMIG, 1989).

2.4.1.1.1 Resfriamento do leite

O resfriamento do leite, de maneira geral, processa-se em resfriadores a placas que utilizam a água gelada armazenada em reservatórios, como fluido de processo.

Dentre os processos utilizados para a produção de água gelada, destacam-se aqueles que utilizam como fluido frigorífico a amônia (R 717) e o freon 12 (R 12), sendo o primeiro o mais difundido no setor de laticínios.

Segundo a CEMIG (1989), os pontos merecedores de atenção quanto à conservação de energia são:

- a) Superdimensionamento das instalações frigoríficas, principalmente dos motores utilizados para acionamento de compressores;
- b) Inexistência ou insuficiência de instrumentação de monitoramento e controle, tais como termostatos e/ou pressostatos;
- c) Dimensionamento incorreto das tubulações que conduzem o fluido frigorífico;
- d) Ausência de manutenção preventiva de todos os componentes do sistema;
- e) Dimensionamento incorreto do reservatório de água gelada;
- f) Ausência de tratamento da água das torres de resfriamento, utilizada em condensadores evaporativos e do tipo casco-tubos.

Considerando a adoção de diversas medidas, visando atenuar ou eliminar os problemas anteriormente descritos, há a possibilidade de atingir níveis de economia de energia que variam de 15 a 25% neste setor, podendo, em alguns casos, chegar a 45%.

Dentre as medidas que devem ser adotadas para redução das perdas de energia no setor de resfriamento de leite destacam-se:

- a) Utilização de motores de menor potência para acionamento dos compressores (deve-se fazer um estudo criterioso a respeito, merecendo especial atenção à demanda de frio em horário de ponta);
- b) Manutenção preventiva dos conjuntos frigoríficos, objetivando aumentar a vida útil da instalação e evitar paradas imprevistas ocasionadas por quebras

de componentes (através de uma manutenção sistemática, pode-se garantir uma economia no consumo de energia elétrica superior a 30%);

c) Acompanhamento das condições operacionais dos conjuntos frigoríficos, pois os defeitos que ocorrem com maior frequência em uma instalação são a temperatura de condensação elevada e a temperatura de evaporação muito baixa, levando, nestes casos, a um consumo adicional de energia elétrica;

d) Revisão das instalações, principalmente em relação ao projeto das mesmas (uma instalação frigorífica mal projetada ou que tenha sofrido alterações não calculadas pode determinar, em um ano, um consumo suplementar de energia elétrica igual ao valor da própria instalação);

e) Dimensionamento adequado do reservatório de água gelada (um reservatório bem dimensionado deve estar em condições de suprir, em pico de safra, a demanda de frio com o compressor funcionando entre 18 e 20 horas por dia);

f) Instalação de instrumentação de monitoramento e controle, como pressostatos e termostatos (a ausência de tais instrumentos permite o funcionamento ininterrupto do compressor por 24 horas, contribuindo para o aumento do consumo de energia elétrica).

2.4.1.1.2 Pasteurização do leite

A maioria dos equipamentos usados nas usinas de beneficiamento de leite é, atualmente, do tipo regenerativo, consistindo de trocadores de calor (de placas ou tubulares) onde o leite é aquecido na entrada, em contracorrente com o leite que sai do pasteurizador, que deve ser resfriado. Desta forma, economiza-se energia tanto para o aquecimento do leite a pasteurizar como para a refrigeração do leite já pasteurizado (CEMIG, 1989).

2.4.2 Usos finais de energia

2.4.2.1 Refrigeração

Está no setor de refrigeração o maior potencial para o uso racional da energia elétrica na indústria de leite. Em função da capacidade de produção, a participação do sistema de refrigeração chega a 35% do consumo global de energia elétrica neste ramo industrial, necessitando, assim, de cuidados especiais no projeto, na instalação e manutenção dos conjuntos frigoríficos, visando a conservação de energia elétrica (CEMIG, 1989).

Para melhor abrangência e análise, o PROCEL (1986) divide os sistemas de refrigeração industrial em sistemas de expansão direta e indireta.

Os sistemas de expansão direta compreendem os processos de refrigeração em que a unidade evaporada do ciclo frigorífico retira calor diretamente do meio a ser resfriado (ex.: câmaras frigoríficas, trocadores de calor para refrigeração de fluídos e massas), e se caracterizam por:

- a) Geração: compreende as unidades compressoras e condensadoras do ciclo frigorífico, ou seja, o conjunto de equipamentos desagregados da unidade evaporadora. Para sistemas com condensação a ar, o ventilador pode ser considerado como equipamento do grupo de geração;
- b) Circuito de condensação: inclui os equipamentos utilizados para arrefecimento do fluido frigorífico (bombas, trajetos, instrumentação e torres de resfriamento), quanto à condensação e à água;
- c) Utilização: compreende as unidades evaporadoras envolvidas diretamente no processo, válvulas de expansão e tubulações de líquido e gás.

Os sistemas de expansão indireta abrangem os processos de refrigeração em que a água gelada é o meio de transporte da potência frigorífera, sendo que os equipamentos de geração (*chillers*, centrífugas) resfriam a água que será utilizada como volante térmico em processos específicos. São caracterizados por:

a) Geração: compreende todos os equipamentos responsáveis pela geração de potência frigorífica (compressor, evaporador, condensador e válvula de expansão);

b) Circuito de condensação: compreende os equipamentos utilizados para o arrefecimento do gás refrigerante no condensador do ciclo frigorífico (bombas, trajetos, instrumentação e torres de resfriamento);

c) Circuito de água gelada: compreende os equipamentos utilizados para circulação de água gelada (bombas, instrumentação, controles e trocadores de calor diretamente envolvidos na refrigeração de processos).

Para otimizar o desempenho do sistema de refrigeração industrial (PROCEL, 1986), recomenda-se que sejam implementadas no plano de manutenção preventiva as seguintes medidas de conservação de energia e checagem, separadas por tipo de sistema:

a) Nos sistemas de expansão direta com condensação a ar, devem ser verificados os seguintes itens relacionados aos equipamentos de geração e utilização:

- Isolamento térmico das tubulações de líquido e de gás;

- Se a unidade condensadora não está localizada em ambientes sem ventilação natural, com exposição ao sol ou perto de outros equipamentos que irradiem calor;

- A possibilidade de modulação de carga das unidades compressoras;

- Se é feita regularmente limpeza nos evaporadores e condensadores do sistema;

- A existência de vazamento de fluido refrigerante;
- O funcionamento da instrumentação e dos sistemas de proteção e controle;
- A utilização adequada de produtos nas câmaras frigoríficas, em relação a temperatura, umidade relativa e tempo de armazenamento;
- O estado das tubulações e conexões e a existência de rugosidades e curvas inadequadas.

b) Nos sistemas de expansão direta com condensação a água, devem ser verificados os seguintes itens relacionados aos equipamentos de geração e circuito de condensação:

- As condições internas das superfícies trocadoras de calor (evaporadores e condensadores) no tocante a incrustações, eliminando-as se for o caso;
- Se a máquina está com carga completa de gás;
- Se há vazamento de fluido refrigerante;
- Se existe tratamento contínuo da água de condensação;
- As condições dos filtros nas linhas de fluido refrigerante. Ressalta-se que se o filtro estiver sujo, obstruindo a passagem de líquido refrigerante, cairá o rendimento do ciclo, além de desgaste excessivo e/ou quebra do compressor;
- Se as vazões de água gelada e água de condensação são as indicadas pelo fabricante;
- A perda de pressão nos trocadores de calor do equipamento de geração de frio;

- Se os elementos de controle do equipamento estão atuando corretamente;
- A atuação e regulagem adequadas do termostato que controla o ventilador da torre de resfriamento. Normalmente, o termostato é regulado para desarmar quando a temperatura da água que sai da torre para o condensador do equipamento está em torno de 20°C;
- Se existem vazamentos de água no circuito de condensação.

c) Nos sistemas de expansão indireta, os itens de verificação relacionados aos equipamentos de geração e circuito de condensação são idênticos aos do sistema de expansão direta com condensação a água;

d) Nos sistemas de expansão indireta, devem ser verificados os seguintes itens relacionados aos equipamentos do circuito de água gelada:

- Isolamento das tubulações, acessórios e válvulas;
- Possibilidade de desligar bombas operando sem necessidade, devido a existência de pressão suficiente na entrada do ramal para vencer a perda de carga do circuito, sem necessidade de bombeamento;
- Se a vazão de água gelada, fornecida pela bomba, está de acordo com a capacidade nominal do evaporador;
- Se todos os ramais secundários estão recebendo a quantidade correta de água gelada para alimentar os trocadores de calor. A vazão de água deverá ser a nominal relativa ao processo;
- Se existe tratamento químico contínuo da água gelada;
- A perda de pressão nas serpentinas dos trocadores de calor;

- Se é efetuada limpeza periódica nas serpentinas dos trocadores;
- A atuação correta dos elementos de controle (válvulas) do circuito de água gelada.

Moreira (2006) destaca que os sistemas de ventilação industrial são um uso final que estabelecem grande potencialidade para redução no consumo de energia elétrica. O uso de inversores de frequência para controlar a velocidade dos motores é uma medida que pode ser efetivada para esta finalidade.

2.4.2.2 Força motriz

Como na grande maioria dos consumidores do segmento industrial, a maior parcela da energia elétrica consumida nas indústrias do setor de laticínios é utilizada para o acionamento de motores elétricos de indução, chegando a representar 89% do consumo global do setor (CEMIG, 1989).

De toda a energia elétrica consumida pelos motores, uma parcela considerável é perdida nos sistemas de transmissão de movimento (redutores, polias e correias) e, principalmente, no próprio processo de conversão eletromecânica da energia.

Segundo a CEMIG (1989), a eficiência ou rendimento de um motor elétrico é, na realidade, um parâmetro que indica a sua capacidade em converter a energia elétrica absorvida da rede em energia mecânica a ser fornecida no eixo. Para efetuar o processo de conversão eletromecânica, os motores utilizam uma parcela da energia total absorvida, transferindo ao eixo a energia restante. A parcela retida nos motores é normalmente classificada como parcela de perdas e não pode ser eliminada por ser inerente ao seu próprio funcionamento, mas reduzida a níveis aceitáveis.

Kosov (1982) divide as perdas de potência dos motores elétricos em duas grandes classes:

a) Perdas elétricas: são produzidas na circulação de corrente pelas diferentes partes do enrolamento da máquina. Também conhecidas como perdas no cobre, são atribuídas à dissipação de calor advinda da circulação da corrente elétrica pelos enrolamentos do estator e no circuito rotatório (Efeito Joule);

b) Perdas rotacionais (ou potência extraviada): são função direta do movimento dinâmico da máquina, sendo subdivididas em:

- Perdas mecânicas: resultantes da rotação e atribuídas ao atrito nos mancais, ventilação (resistência que o ar oferece ao rotor girante) e à potência necessária ao acionamento do ventilador incorporado (quando existente);

- Perdas no ferro ou no núcleo: perdas por histerese (energia elétrica necessária para vencer a relutância do núcleo no caminho do fluxo magnético) e correntes parasitas de Foucault (ocorre com todos os materiais condutivos situados no caminho do fluxo associado ao campo magnético girante).

O rendimento dos motores é expresso como a relação percentual entre a potência útil fornecida no eixo e a potência ativa absorvida. Como a potência ativa subdivide-se em potência útil no eixo e potência de perdas, conclui-se que as únicas formas de elevar o rendimento de um motor consistem no acréscimo da potência entregue no eixo ou na redução das perdas (CEMIG, 1989).

O PROCEL recomenda as seguintes medidas para a utilização eficiente dos motores elétricos (PROCEL, 1986):

a) Os motores devem funcionar entre 60 e 90% de sua potência;

b) Adotar, sempre que possível, os variadores eletrônicos de velocidade;

c) Considerar a utilização dos motores com perdas reduzidas (conhecidos

comercialmente como motores de alto rendimento);

d) Evitar o uso de motores superdimensionados (na ocasião de troca, instalar um novo motor com potência adequada);

e) Desligar os motores das máquinas quando estas não estiverem operando;

f) Verificar se as características do motor são adequadas às condições do ambiente onde está instalado (temperatura e tipo de atmosfera);

g) Verificar a possibilidade de instalar os motores em locais com melhor ventilação e em ambientes menos agressivos.

Segundo Campana, Oliveira Filho, Soares e Alves de Oliveira (2000), as alterações da amplitude de tensão em motores de indução trifásicos são atribuídas, geralmente, a transformadores e/ou cabos subdimensionados e ao baixo fator de potência. De acordo com a Norma Brasileira Reguladora (NBR), n. 7094/1996 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), para que o motor elétrico opere com temperaturas e correntes dentro do permitido e torques de partida e de regime satisfatórios, faz-se necessário que a rede de alimentação opere com variações de tensão de, no máximo, 10% da tensão nominal (PROCEL,1998b).

2.4.2.3 Iluminação

Segundo a CEMIG (1989), a iluminação representa 6% do consumo global de energia elétrica nas indústrias de laticínios e as possibilidades efetivas de redução do consumo residem, basicamente, como em qualquer outro segmento industrial, na adoção de procedimentos de racionalização do uso das lâmpadas existentes, na utilização de lâmpadas mais eficientes (maior relação lúmen/Watt) ou na combinação destes dois fatores.

Os procedimentos que visam a racionalização energética compreendem todas as medidas cujo objetivo básico seja restringir a utilização do sistema de iluminação apenas aos locais de absoluta necessidade e nos horários de real

solicitação. Além disso, entende-se como procedimentos de racionalização de caráter complementar, todas as medidas favoráveis ao bom desempenho do sistema, tais como a realização de rotinas de manutenção periódica (CEMIG, 1989).

A utilização de lâmpadas energeticamente mais eficientes constitui-se, em alguns casos, num eficiente instrumento de otimização energética, tendo em vista a possibilidade de redução do consumo aliada à elevação dos níveis de iluminação nas áreas de trabalho (CEMIG, 1989).

Além da utilização de lâmpadas eficientes, o PROCEL (1986) recomenda a adoção das seguintes práticas:

- a) Usar lâmpadas adequadas para cada tipo de ambiente;
- b) Ligar a luz elétrica somente onde não existir iluminação natural suficiente para o desenvolvimento das atividades;
- c) Utilizar telhas transparentes para aproveitamento da iluminação natural;
- d) Instruir os empregados a desligarem as lâmpadas de dependências desocupadas, salvo aquelas que contribuem para a segurança;
- e) Evitar pintar os tetos e parede com cores escuras, as quais exigem lâmpadas de maior potência para a iluminação do ambiente;
- f) Manter limpas as luminárias, pois a sujeira reduz o fluxo luminoso, exigindo maior número de lâmpadas acesas;
- g) Usar luminárias abertas, para melhorar o nível de iluminação;
- h) Verificar a possibilidade de instalar “timer” para controle da iluminação externa, letreiros e luminosos;

- i) Limpar regularmente paredes, janelas, forros e pisos. Uma superfície limpa reflete melhor a luz de modo que menos iluminação artificial se torne necessária;
- j) Instalar interruptores, objetivando facilitar as operações liga/desliga, conforme a necessidade local, inclusive através da instalação de “*timer*”;
- k) Dividir os circuitos de iluminação, de tal forma a utilizá-los parcialmente sem prejudicar o conforto;
- l) Percorrer os diversos setores da indústria, a fim de verificar se há luminárias desnecessárias ou com excesso de iluminação;
- m) Fazer a limpeza preferencialmente durante o dia, em cada setor;
- n) Iniciar a limpeza por um setor, mantendo todos os demais apagados, caso a mesma seja realizada após o encerramento do expediente;
- o) Programar o serviço, de forma que cada ambiente ou andar tenha a respectiva iluminação e outros equipamentos desligados imediatamente após a sua conclusão.

2.5 A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Segundo a ELETROBRÁS (2010), o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) visa promover a racionalização do consumo de energia elétrica, combatendo o desperdício e reduzindo os custos e os investimentos setoriais, aumentando ainda a eficiência energética. Criado pelo governo federal em 1985, o programa é executado pela Eletrobrás e utiliza recursos da Reserva Global de Reversão (RGR) - montante financeiro mantido pelas 64 distribuidoras de energia elétrica do Brasil - e também recursos de entidades internacionais.

Até 2008 a atuação do PROCEL possibilitou a economia de 4,37 bilhões de kWh, o suficiente para abastecer 2,5 milhões de residências durante um ano. O

resultado se deve especialmente ao Selo PROCEL, com a indicação de eletrodomésticos e lâmpadas de consumo reduzido de energia. Apenas no ano de 2008, os investimentos do programa alcançaram 45 milhões de reais. Instituído em 1993, o Selo PROCEL de Economia de Energia indica ao consumidor, no ato da compra, os produtos que apresentam os melhores níveis de eficiência energética dentro de cada categoria. O objetivo é estimular a fabricação e a comercialização de produtos mais eficientes, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico e a redução de impactos ambientais (ELETROBRÁS, 2010).

Desde 1993, o Prêmio Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, conhecido como Prêmio PROCEL, reconhece o empenho e os resultados obtidos pelos agentes que atuam no combate ao desperdício de energia. Concedido anualmente, o prêmio visa estimular a sociedade a implementar ações que efetivamente reduzam o consumo de energia elétrica.

O PROCEL conta ainda com os seguintes subprogramas: PROCEL GEM (Gestão Energética Municipal), Sanear (Eficiência Energética no Saneamento Ambiental), Educação (Informação e Cidadania), Indústria (Eficiência Energética Industrial), Edifica (Eficiência Energética em Edificações), EPP (Eficiência Energética nos Prédios Públicos) e Reluz (Eficiência Energética na Iluminação Pública).

Aliado a estes projetos, as distribuidoras de energia elétrica são obrigadas, por força do contrato de concessão e da Lei 10.295/2001, a investirem 0,5% de seu Rendimento Operacional Líquido em projetos de eficiência energética, devidamente orientados e direcionados pela Agência Nacional de Energia Elétrica.

2.5.1 Perspectivas para a conservação de energia elétrica

Em um cenário de crescimento econômico sustentado é de esperar um grande aumento da demanda de energia. Nessas condições, a estratégia de expansão da oferta de energia deve considerar iniciativas que promovam o uso mais eficiente das fontes. Uma medida dinâmica dessa eficiência é dada pela evolução do conteúdo energético do PIB. Entre 1970 e 1980 houve redução drástica desse parâmetro, indicando que o produto nacional aumentou com menor uso relativo de energia. O fator decisivo dessa dinâmica foi a substituição de fontes de energia

menos eficientes (lenha) por outras mais eficientes (derivados do petróleo e eletricidade). Já nos períodos subsequentes houve um aumento da intensidade energética, respaldado no estágio de desenvolvimento econômico do País, em especial no setor industrial. Nos anos iniciais do período de projeção esse indicador ainda crescerá, em virtude de componentes inerciais da oferta e da demanda de energia. Essa tendência só se reverterá ao longo do período, na medida em que ações de eficiência energética produzam resultados mais efetivos. Nessas condições, o conteúdo energético do produto interno bruto em 2030 será aproximadamente igual ao de 1990, mas a economia será quatro vezes maior.

De acordo com o cenário macroeconômico de referência, estima-se que em 2030 o consumo de energia elétrica no Brasil supere o patamar de 1.080 TWh (terawatt-hora), perfazendo uma expansão média de 4% ao ano no período considerado. Note-se que essa projeção inclui uma parcela de eficiência energética referente ao progresso autônomo, isto é, ao aumento de eficiência decorrente de melhores práticas no uso e, principalmente, da progressiva substituição de equipamentos elétricos por outros mais eficientes nos diferentes segmentos da economia e da sociedade, incorporando avanços tecnológicos disponíveis no mercado. Admitindo-se a continuidade de tal tendência, essa conservação de energia responderia por cerca de 4% da demanda em 2030 (TOLMASQUIM, GUERREIRO E GORINI, 2007).

A Figura 11 mostra a evolução da estrutura da oferta de eletricidade do Brasil nos anos de 2005 (real) e 2030 (previsão).

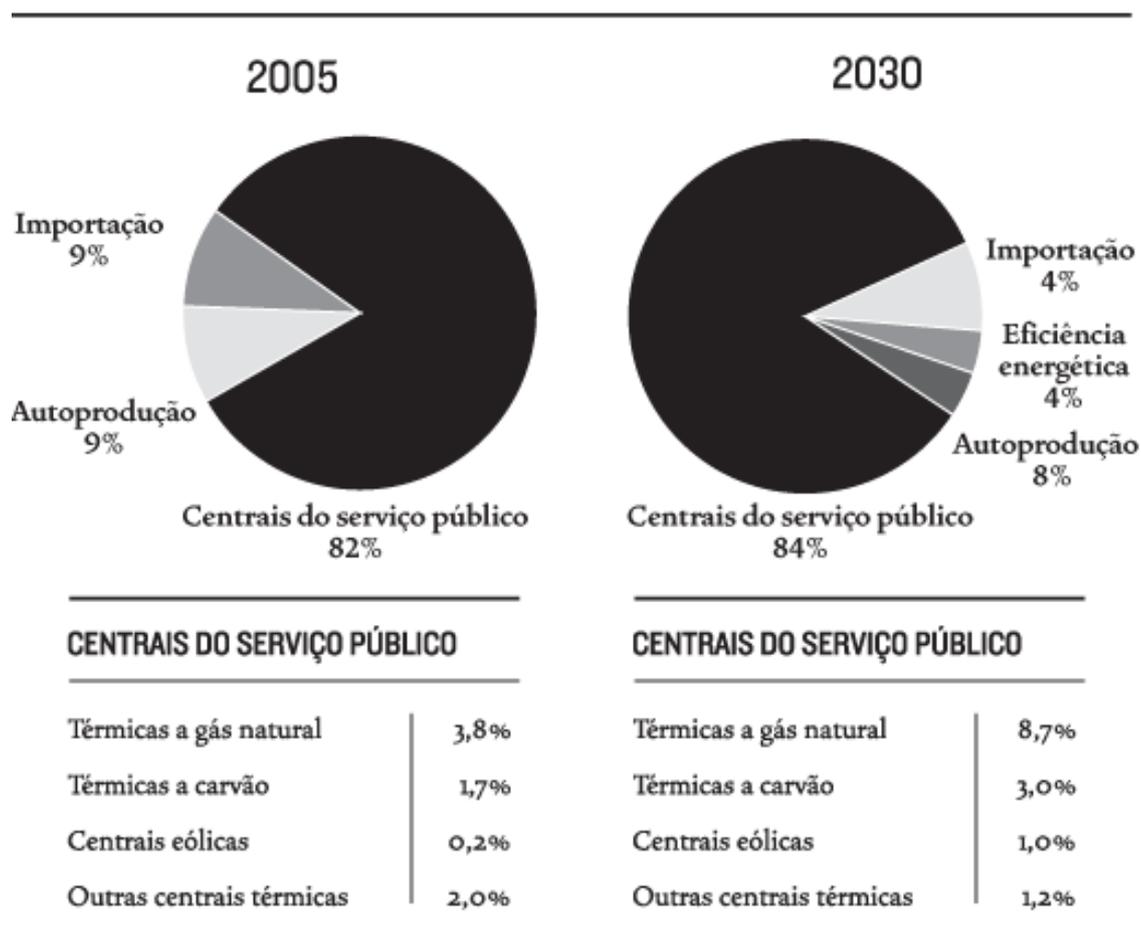


Figura 11: Evolução da estrutura de oferta de eletricidade no Brasil (Fonte: Empresa de Pesquisa Energética, 2007).

Na Figura 11, a importação representa o volume de eletricidade que o Brasil compra da Argentina, Paraguai e Venezuela. A autoprodução representa a quantidade de energia elétrica gerada por empreendimentos privados para seu próprio consumo.

2.5.2 Diagnósticos energéticos

Em 1982, a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) deu início à metodologia para aplicação dos Estudos de Otimização Energética que visava, principalmente, identificar e recomendar a substituição de máquinas e equipamentos térmicos que consumiam energia derivada do petróleo por energia elétrica. Segundo Camargos (1988), nestes estudos também eram indicadas medidas de

racionalização do uso de energia. A partir da criação do PROCEL em 1985, a CEMIG passou a dar ênfase nestes estudos e à racionalização do uso da energia elétrica.

Em 1986, a ELETROBRÁS, através do PROCEL, passou a incentivar as ações de conservação de energia elétrica a nível nacional, criando projeto específico para este fim, que, mais tarde, deu origem ao Programa de Otimização Energética do PROCEL (PROCEL,1995).

Foi iniciada uma fase piloto de implantação do projeto e desenvolvimento de uma metodologia única, com a participação das concessionárias de energia de outros estados. O projeto foi inicialmente denominado “Projeto Auditoria de Energia – Diagnósticos e Recomendações”, sendo posteriormente intitulado “Projeto Diagnóstico do Potencial para Auditoria Energética”. Seus objetivos iniciais foram:

- a) Promover o treinamento dos profissionais das concessionárias, capacitando-os para avaliar os potenciais de conservação de energia e prestar orientação técnica aos seus clientes;
- b) Definir ramos de atividade, priorizados por Estado, tendo por base a sua participação no mercado;
- c) Identificar o potencial de conservação de energia para essas atividades;
- d) Formar um banco de dados nacional sobre usos finais de energia, tendo como finalidade básica subsidiar o PROCEL no direcionamento de ações para implementação de programas de conservação de energia no país;
- e) Priorizar a elaboração de Estudos de Otimização Energética, individuais e setoriais.

A partir deste momento, a visão inicial e simplificada de conservação de energia foi substituída por uma visão ampla de administração energética, de forma a obter resultados que interessassem diretamente aos objetivos das concessionárias

no que se refere à redução de custos e de investimentos, ao aumento da rentabilidade e à maior competitividade do mercado (PROCEL, 1995).

As ações passaram a ser desenvolvidas sob as mais variadas formas, compatibilizando os interesses dos clientes com os das concessionárias, resultando num uso eficaz da eletricidade e de outros energéticos.

O fator de potência é um índice adimensional que determina como a energia está sendo utilizada, ou seja, mostra a relação entre a energia útil (ativa) e a energia total (aparente). A Resolução da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) 414 de 09/09/2010 em seu artigo 95, estabelece um fator de potência de referência mínimo, indutivo ou capacitivo, de 0,92 (ou 92%), para todas as unidades consumidoras do Brasil, independente da modalidade tarifária. Para a empresa estudada, a avaliação é feita com base no valor médio mensal.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA AGROINDÚSTRIA

Este trabalho foi desenvolvido em uma agroindústria do setor de laticínios localizada no município de Guaíra, Extremo-Oeste paranaense. A sede municipal está situada a 230m acima do nível do mar. Guaíra, como toda região Oeste paranaense, desfruta de clima subtropical úmido mesotérmico: bastante quente no verão e úmido na primavera; fresco e suave no outono e inverno. As temperaturas extremas são bastante variadas, atingindo no verão a máxima de 40°C e no inverno 0,5°C (PARANACIDADE).

A Laticínios Guaíra Ltda é uma empresa que processa leite para produção de queijo, requeijão, doce de leite, iogurte e bebidas lácteas. Localizada numa região de intensa atividade de pecuária leiteira, recebe diariamente 105.000 litros de leite *in natura* por dia, apresentando a seguinte produção média diária (em volume proporcional de leite):

- a) Bebida láctea e iogurte: 35.000 litros;
- b) Queijo: 30.000 litros;
- c) Doce de leite: 1.000 litros;
- d) Requeijão: 3.000 litros.

O excedente de leite, que eventualmente não é utilizado, é vendido para empresas similares da região e de outros estados da Federação.

A primeira etapa do trabalho caracterizou-se pela realização de um completo reconhecimento dos processos produtivos da agroindústria, identificando os equipamentos que compõem a instalação.

O início do processo ocorre no recebimento do leite, que chega à empresa em caminhões-tanque provenientes dos produtores. Ao chegarem, os caminhões são encaminhados à balança, pesados, e levados para o local de descarga do leite,

onde inicialmente são lavados com um jato de água e posteriormente descarregados. O leite já vem resfriado do produtor numa temperatura média de 5°C e é armazenado em dois silos, um com capacidade para 80 mil litros e outro com capacidade para 30 mil litros. Todo leite recebido é encaminhado para industrialização no mesmo dia. Do caminhão, antes do descarregamento, são retiradas amostras para análises químicas e de acidez e, caso apresente uma acidez muito alta, o leite será considerado impróprio para industrialização e será rejeitado.

Após ser descarregado nos silos de recepção, o leite segue através de tubulações para o pasteurizador, onde recebe um pré-aquecimento, atingindo a temperatura de 45°C. Segue então para as centrífugas, onde se processa a separação de gorduras e impurezas através da diferença de densidades (as centrífugas giram a uma velocidade aproximada de 5000 rpm).

Posteriormente o leite é encaminhado para a produção de queijo, requeijão, doce de leite, iogurte e bebida láctea, conforme processos já discutidos na revisão bibliográfica.

Para que se tenha uma noção completa do porte da indústria, foi efetuado um levantamento das cargas instaladas na empresa. Todos os usos finais que consomem energia elétrica estão relacionados na Tabela 2, inclusive o banco de capacitores, que é o equipamento que tem por função corrigir o excedente reativo da instalação elétrica, mantendo o fator de potência acima de 92%, conforme prevê a legislação do setor elétrico brasileiro.

Os usos finais relacionados estão divididos em força motriz, equipamentos de informática, iluminação, refrigeração, aquecimento e condicionamento de ar.

A Tabela 2 apresenta uma planilha com todas as cargas elétricas (potência instalada) existentes no laticínio.

Tabela 2: Carga instalada na indústria

ITEM	QUANT.	DESCRIÇÃO E APLICAÇÃO DA CARGA	cv	Fases	Volts	kW	kVAr	polos
1	3	Motor - ventilador câmara fria	0,5	1	220	1,10		4
2	5	Motor - ventilador câmara fria	0,75	1	220	2,76		4
3	14	Motor - aplicações diversas	1	3	380	10,30		4
4	6	Motor - aplicações diversas	1,5	3	380	6,62		4
5	7	Motor - aplicações diversas	2	3	380	10,30		4
6	22	Motor - aplicações diversas	3	3	380	49,24		4
7	3	Motor - bomba	4	3	380	8,83		4
8	10	Motor - aplicações diversas	5	3	380	36,80		4
9	3	Motor - aplicações diversas	6	3	380	13,25		4
10	1	Motor - misturador	7,5	3	380	5,52		4
11	1	Motor - ventilador caldeira	10	3	380	7,36		4
12	3	Motor - compressor de ar	15	3	380	33,12		4
13	3	Motor - desnatadeira	20	3	380	44,16		4
14	1	Motor - compressor de frio chiller	25	3	380	18,40		4
15	1	Motor - secador de ar comprimido	30	3	380	22,08		4
16	1	Motor - compressor de frio CH4	60	3	380	44,16		4
17	1	Motor - compressor de frio CH4	60	3	380	44,16		4
18	1	Motor - compressor de frio CH4	100	3	380	73,6		4
19	1	Motor - homogeneizador	100	3	380	73,6		4
20	1	Banco de capacitores		3	380	0	90	
21	12	Microcomputador		1	220	2,4		
22	33	Lâmpada fluoresc. compacta 30W		1	220	0,99		
23	218	Lâmpada fluoresc. tubular 40W		1	220	9,59		
24	11	Lâmpada incandescente 60W		1	220	0,66		
25	7	Lâmpada incandescente 100W		1	220	0,7		
26	6	Lâmpada mista 160W		1	220	0,96		
27	1	Resistência de aquecimento		1	220	6		
28	2	Resistência de aquecimento		1	220	1,1		
29	2	Auto clave		1	220	3,96		
30	1	Estufa		1	220	3		
31	1	Torneira elétrica		1	220	2,5		
32	4	Chuveiro		1	220	21,6		
33	1	Refrigerador		1	220	0,1		
34	2	Ar condicionado 7500 BTU		1	220	1,6		
35	2	Ar condicionado 10000 BTU		1	220	2		
36	1	Ar condicionado 15000 BTU		1	220	1,2		
Carga total instalada						563,74		

Observação: 1 cv = 736 W

3.2 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA MEDIÇÃO DAS GRANDEZAS ELÉTRICAS

Para a determinação da energia consumida nos usos finais da indústria, foram utilizados os equipamentos relacionados a seguir.

3.2.1 Analisador eletrônico de energia

Para medir a corrente, tensão, fator de potência, potência ativa, potência reativa e potência aparente, monofásicas e trifásicas, utilizou-se o Analisador Eletrônico de Energia Digital Portátil AE-200 da Instrutherm (Figura 12). As principais especificações técnicas do aparelho são apresentadas na Tabela 3.



Figura 12: Analisador eletrônico de energia AE-200.

Tabela 3: Especificações técnicas do Analisador Eletrônico de Energia AE-200

AE-200 ESPECIFICAÇÕES	
Dimensões	257 x 155 x 57mm
Peso	1160g
Taxa de atualização do display	1 segundo
Potência AC	5W ~ 9,999MW Precisão: $\pm 1\% \pm 8$ dígitos
Potência aparente AC	0,000VA ~ 9999kVA
Potência reativa	0,000VAR ~ 9999 kVAr
Potência ativa	0mWh ~ 999999kWh
Corrente AC	0,1mA ~ 1000A Precisão: $\pm 0,5\% \pm 5$ dígitos
Tensão AC	4 ~ 600V Precisão: $\pm 0,5\% \pm 5$ dígitos
Fator de potência	0,00 ~ 1,00
Ângulo de fase	-180° ~ 180°
	1P2W, 1P3W, 3P3W, 3P4W
Temperatura de Operação	-10 a 50°C
Alimentação	8 pilhas de 1,5V (AA) ou adaptador 12VDC (110/220V) com isolação de 600V
Dimensões garra de corrente	244 x 97 x 46mm
Peso garra de corrente	600g
Outros:	Exibição de forma de onda de tensão e corrente Exibição de diagrama de fase com parâmetros de sistema trifásico Emissão de forma de onda, parâmetros de potência e harmônicas Análise de sistemas monofásicos e trifásicos

3.2.2 Wattímetro

Permite fazer medições de potências monofásicas instantâneas, pois não possui memória de massa. Seu transformador de corrente mais compacto possibilita acesso a motores, barramentos e fiação de menor porte (Figura 13).



Figura 13: Wattímetro digital.

O wattímetro digital possui as seguintes características (Tabela 4):

Tabela 4: Especificações técnicas do Wattímetro digital modelo C-80

C-80	
ESPECIFICAÇÕES	
Dimensões	172 x 100 x 50mm
Peso	420g
Fabricante	Circutor
Faixa de medição de tensão	0 a 500V fase-neutro
Faixa de medição de corrente	50mA a 5A CA (TC alicate 5A), 1 a 100A CA (TC alicate 100A), 2 a 200A CA (TC alicate 200A), 10 a 1000A CA (TC alicate 1000A), 20 a 2000A CA (TC alicate 2000A).
Frequência	45 a 60Hz
Exatidão básica	0,5% +/- 2 dígitos
Escala automática	
Relógio interno	
Visualização	Display de cristal líquido (LCD) 7 segmentos de 3 linhas e 4 dígitos por linha (valores instantâneos, máximos, mínimos e alarmes).
Alimentação	Duas pilhas alcalinas de 1,5V tipo AA (autonomia de 200h).

3.2.3 Alicate Volt-amperímetro

Efetua medições instantâneas de tensão, corrente e resistência elétrica em corrente alternada e contínua. Mede também continuidade de circuitos (Figura 14).



Figura 14: Alicate Volt-amperímetro digital.

Possui as seguintes características (Tabela 5):

Tabela 5: Especificações técnicas do Volt-amperímetro Digital modelo ET-3110

ET-3110 ESPECIFICAÇÕES	
Dimensões	210 x 55 x 30mm
Peso	280g
Fabricante	Minipa Eletrônica
Precisão	+/- 1%
Escalas de resistência	200Ω e 200kΩ
Escalas de tensão contínua	2V, 200V e 1000V
Escalas de tensão alternada	200V e 750V
Escalas de corrente alternada	20A, 200A e 600 ^a

3.3 MÉTODOS

A metodologia de trabalho aplicada foi:

- a) Localizar os principais pontos de consumo energético da instalação, quantificando as grandezas elétricas necessárias para a avaliação da eficiência da instalação;
- b) Efetuar um estudo de viabilidade econômica que aponte para a implementação das medidas de Eficiência Energética.

Durante o mês de abril de 2011 foi realizada uma auditoria energética nas instalações do Laticínios Guaíra Ltda. Em primeiro lugar, foi entrevistado o gerente industrial da empresa, o qual nos repassou informações sobre os processos produtivos, o total produzido mensal de queijos, requeijão, doce de leite, iogurte e bebida láctea e os turnos de trabalho da área de produção. Em seguida foram levantados os dados de consumo de energia elétrica, dados de placa e regime de operação dos principais equipamentos, medições instantâneas e temporárias de corrente, tensão, frequência, potência e fator de potência.

3.3.1 Dados coletados

Os dados coletados em campo foram os seguintes:

- a) Dados da empresa: produção, insumos, consumo e demanda de energia elétrica, fator de potência e curvas de carga diárias;
- b) Transformador: dados de placa (tensões nominais, potência, marca e taps de ajuste). Foram efetuadas medições instantâneas e temporárias de tensão e corrente, no secundário do equipamento;
- c) Motores elétricos de indução: neste levantamento foram identificadas as características nominais e de operação dos equipamentos de força motriz,

incluindo uma avaliação das condições técnico-operativas com execução de medição de corrente, tensão, potência e fator de potência. As medições foram feitas nos horários em que os motores estavam em operação, com condição de máxima carga. Para cada motor analisado foram coletados os seguintes dados:

- Local de instalação do equipamento;
- Nome e função do equipamento;
- Dados de placa (marca, potência, tensão, corrente e fator de potência);

d) Iluminação: foram realizadas medições em ambientes onde a iluminação é de baixo rendimento, principalmente aqueles com o uso de lâmpadas incandescentes. Através do resultado destas medições foi feita uma proposta de substituição das lâmpadas por modelos mais eficientes, enfatizando a economia obtida com a substituição. Além disso, para este quesito foram coletadas as seguintes informações:

- Características das luminárias;
- Estado das lâmpadas por ambiente (potência e quantidade).

e) Refrigeração: foram coletados dados de todas as centrais de refrigeração e espaços refrigerados existentes quanto a:

- Dados de placa dos motores dos compressores (marca, potência, tensão, rotação e fator de potência);
- Medições de tensão, corrente, potência e fator de potência dos motores dos compressores;
- Volume dos espaços refrigerados;
- Condições de armazenamento dos produtos.

Todos os dados coletados estão apresentados no item “Resultados e Discussão”, bem como a avaliação dos mesmos quanto ao potencial de conservação de energia elétrica.

3.3.2 Plano de implementação das medidas

O plano de implementação possibilita que a empresa execute as medidas para efficientizar a utilização da energia para os usos finais analisados, de forma adequada e ordenada.

Este plano de gestão energética industrial é apresentado de maneira simplificada por meio de um gráfico que permite visualizar a economia obtida em reais (R\$) após a adoção das medidas, ao longo de um período de tempo. Para sua elaboração, foram considerados os seguintes critérios:

- a) Priorizar medidas corretivas para problemas que colocam em risco o patrimônio empresarial (instalações físicas, equipamentos e materiais) ou a segurança dos colaboradores;
- b) Priorizar medidas meramente administrativas, que não exigem investimentos;
- c) Nas medidas com investimento, priorizar aquelas com menor tempo de retorno.

Conforme estabelece a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em seu manual para elaboração do programa de eficiência energética, fixar a relação custo-benefício (RCB) dos projetos em no máximo 0,8.

3.3.3 Avaliação econômica das medidas de conservação de energia

A análise financeira foi feita sobre o fluxo de caixa do investimento a ser avaliado. Alguns parâmetros, calculados a partir deste fluxo, foram utilizados para verificar a viabilidade econômica da substituição dos equipamentos. O primeiro é o Valor Presente Líquido (VPL), calculado utilizando-se a equação abaixo (GITMAN, 2002).

$$VPL = \sum_{t=1}^n [FC_t / (1 - k^{-t})] - I_0 \quad (1)$$

Em que:

VPL = Valor Presente Líquido. Representa o balanço do fluxo de caixa do investimento ao longo do tempo, trazido para o presente. Reconhece o valor do dinheiro no tempo e reflete o aumento de riqueza para o investidor. O VPL deve ser positivo para que o investimento seja viável.

FC = Valor futuro considerado. É o valor da despesa ou receita do fluxo de caixa que se deseja trazer para o valor presente (VPL).

n = Período de análise. Normalmente em meses ou anos. Analisa-se a viabilidade financeira de um investimento para um horizonte de, por exemplo, *n*=25 anos ou 300 meses.

t = Taxa de remuneração do capital. É um percentual de correção dos valores no tempo.

I₀ = Investimento inicial. Feito no tempo zero do fluxo de caixa, ou seja, no momento presente, em que *t*=0.

Outro parâmetro de análise financeira que foi considerado é a Taxa interna de retorno (TIR). Para verificar se um empreendimento é viável financeiramente, a TIR deve ser comparada à Taxa Mínima de Atratividade (TMA).

TMA = Taxa Mínima de Atratividade. Também chamada de custo de oportunidade. Representa o percentual de remuneração do capital investido no mercado financeiro, caso a decisão seja não investi-lo no empreendimento.

TIR = Taxa Interna de Retorno. É a taxa de remuneração do capital investido que faz com que o VPL seja nulo. O investimento é atrativo se a TIR for maior que a TMA.

Muitas vezes utiliza-se o índice TMA/TIR. Quanto menor for o resultado desta razão, melhor é o empreendimento.

Para saber em quanto tempo o investimento começará a dar retorno, o utiliza-se o *payback*.

Payback simples = tempo necessário para que os fluxos de caixa positivos cubram os fluxos de caixa negativos do projeto. É expresso normalmente em meses ou anos.

Payback descontado = calcula o tempo de retorno ajustando os fluxos de caixa por uma taxa de juros.

Outro parâmetro, a ser analisado também, é a relação custo benefício, também conhecida como RCB.

RCB = Relação custo-benefício. É um indicador que relaciona os custos de um projeto ou proposta, expressos em termos monetários, e o seu benefício, também expressos em termos monetários. Tanto os benefícios como os custos devem ser expressos em séries uniformes. Quanto menor o RCB, mais benefícios o investimento trará.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DADOS DA EMPRESA

Razão Social: Laticínios Guaíra Ltda

Endereço: Rodovia BR 163 km 2 Guaíra Paraná

Início das atividades: 1998

Produção: Derivados de leite

Carga total instalada: 563,74 kW

Demanda contratada atual: 450 kW

Demanda média medida em 2010: 420,33 kW

Potência de transformação: 750 kVA 13,8kV/380-220V

Geração própria à diesel: 500 kVA 380/220V

Consumo médio mensal de energia elétrica em 2010: 158.192 kWh

Área total construída: 2.846,88 m²

4.1.1 Dados da produção

A produção mensal da empresa é apresentada na Tabela 6.

Tabela 6: Produção mensal da empresa

2010	Leite indus- trializado para queijo (l)	Leite indus- trializado para bebidas (l)	Leite indus- trializado para doce (l)	Produção de queijos (kg)	Produção de bebida láctea (l)	Produção de doce de leite (kg)	Produção de massa branca (kg)	Produção de requeijão (kg)
Jan	1.233.541	352.521	22.820	135.820	780.781	22.520	2.915	42.515
Fev	1.196.747	394.527	27.846	128.393	732.980	23.654	3.658	40.897
Mar	1.325.874	420.359	21.123	145.212	854.954	17.693	4.987	33.680
Abr	984.520	333.549	24.650	133.369	689.541	21.872	3.524	35.980
Mai	1.110.854	294.388	23.098	115.259	599.580	20.580	4.023	33.541
Jun	1.263.652	315.922	24.815	120.851	630.451	19.127	3.912	27.815
Jul	1.353.992	199.325	20.082	122.984	600.854	18.353	4.251	41.862
Ago	1.244.237	285.971	19.822	144.857	590.547	22.525	3.654	35.687
Set	1.778.659	265.561	26.951	139.874	781.333	23.124	2.985	34.987
Out	1.026.369	259.659	31.748	144.665	889.321	20.421	4.251	33.951
Nov	974.569	412.852	29.561	128.874	745.541	18.352	3.987	32.122
Dez	1.365.328	289.519	22.654	130.655	851.328	17.899	3.339	39.815

4.1.2 Insumos

A Laticínios Guaíra utiliza três energéticos: lenha, óleo diesel e eletricidade. O trabalho de eficiência elaborado focará apenas a eletricidade, por ser o energético de maior peso no consumo total da indústria.

4.1.2.1 Energia elétrica

O fornecimento de energia elétrica para a agroindústria é realizado em tensão primária de distribuição, 13,8 kV e está enquadrada no subgrupo tarifário A4, sendo faturada pela tarifa horossazonal verde. A Tabela 7 apresenta o histórico de consumo e demanda de energia elétrica, bem como os valores da fatura de energia elétrica.

Tabela 7: Histórico de consumo e demanda de energia elétrica em 2010

2010	Consumo		Demanda			Fator de	Fator de	Excedente	Fatura de
	Ativo (kWh)	Reativo (kVArh)	Medida (kW)	Contratada (kW)	Faturada (kW)	Carga	Potência (%)	Reativo (R\$)	Energia (R\$)
Jan	134.765	74.767	345	340	345	0,54	87,44	1.350,01	29.127,73
Fev	191.131	70.265	448	340	340	0,58	93,86	0	44.448,51
Mar	132.470	46.694	415	340	340	0,44	94,31	0	29.577,39
Abr	157.624	62.182	428	420	428	0,5	93,02	0	32.213,96
Mai	157.551	45.586	424	420	424	0,51	96,06	0	34.305,85
Jun	138.880	30.614	404	420	420	0,47	97,68	0	30.372,16
Jul	152.558	34.776	422	420	422	0,5	97,5	0	37.372,26
Ago	159.565	33.509	415	420	420	0,53	97,87	0	40.495,64
Set	157.188	35.851	419	420	420	0,51	97,5	0	40.064,05
Out	173.615	41.656	442	420	420	0,54	97,24	0	47.789,94
Nov	154.849	39.317	438	420	420	0,48	96,92	0	39.761,19
Dez	188.103	42.754	444	420	420	0,51	96,84	0	39.452,37
Total	1.898.299	557.971						1.350,01	444.981,05
Média	158.192	46.498							37.081,75

Por este histórico percebe-se que o consumo de eletricidade na indústria possui variações no decorrer do ano. Nos meses de fevereiro e dezembro de 2010 os valores ficaram mais distantes da média mensal de consumo. No mês de janeiro houve um problema no sistema de controle dos bancos de capacitores que culminou com a cobrança de R\$ 1350,01 de excedente reativo na fatura de energia elétrica.

4.1.3 Fator de potência

A agroindústria apresentou fator de potência inferior a 92% apenas no mês de janeiro de 2010, o que a fez desembolsar R\$ 1.350,01 referente ao importe de excedente reativo. Esta anomalia foi eliminada com a instalação de um controlador de fator de potência, que é um equipamento capaz de detectar o excedente reativo das cargas, inserindo capacitância no sistema, mantendo o fator de potência sempre acima do índice mínimo permitido pela legislação.

4.1.4 Curvas de carga

As curvas de carga diárias foram obtidas calculando-se a média dos valores de demanda medidos no período de 6 a 12/12/2010 (de segunda a domingo). Elas permitem visualizar a variação da demanda de energia elétrica na agroindústria, em função da operação das cargas elétricas existentes, durante um período de 24 horas, ou seja, ela é a representação gráfica das demandas em seus horários de ocorrência (Anexo 1).

As curvas de carga demonstram o perfil da demanda da empresa. Segundo informação da indústria, o período de maior produção se estabelece de segunda a sexta-feira, das 6:00 às 17:00h. A partir deste horário as cargas vão sendo desligadas de forma escalonada até a entrada do gerador, por volta das 17:50h. Durante o horário de ponta (das 18:00 às 21:00h, e das 19:00 às 22:00h no horário de verão) a empresa fica alimentada eletricamente por um gerador a diesel de 500 kVA. Durante o horário de ponta a demanda é mantida pelo gerador. Nos sábados, domingos e feriados, como não existe horário de ponta, o gerador não é ligado. A demanda registrada no domingo, cerca de 150 kW, se refere apenas às cargas que não podem ser desligadas (refrigeração e parte da iluminação).

4.2 POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA POR USO FINAL

4.2.1 Transformador

A empresa possui um transformador com as seguintes características:

- a) Marca: TUSA;
- b) Potência aparente: 750 kVA;
- c) Tap máximo: 13.800 V;
- d) Tap mínimo: 10.200 V;
- e) Tap variação: 3.600 V;
- f) Tensão de placa (fase-fase): 380 V;
- g) Tensão de placa (fase-neutro): 220 V;
- h) Corrente secundária nominal: 1.140 A.

As medições de corrente e tensão efetuadas no secundário do transformador permitiram avaliar as condições de equilíbrio de corrente e tensão entre as fases, sobrecarga, operação a vazio e superdimensionamento do equipamento. As Figuras 15 e 16 demonstram a medição instantânea efetuada, utilizando-se o analisador de energia AE-200.



Figura 15: Medição de corrente e tensão no barramento secundário do transformador

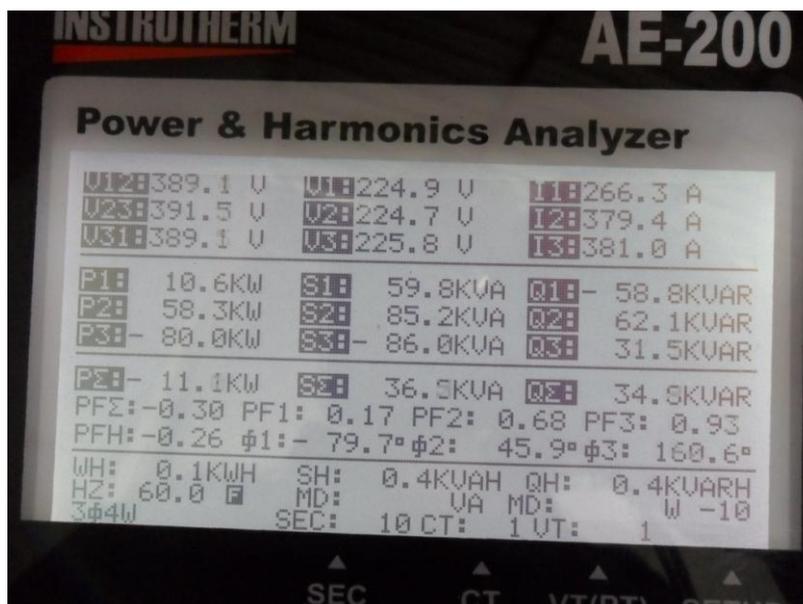


Figura 16: Grandezas apontadas pelo analisador eletrônico de energia

V_{12} tensão entre as fases 1 e 2 = 389,1 V

V_{23} tensão entre as fases 2 e 3 = 391,5 V

V_{31} tensão entre as fases 1 e 3 = 389,1 V

V_1 tensão entre a fase 1 e neutro = 224,9 V

V_2 tensão entre a fase 2 e neutro = 224,7 V

V_3 tensão entre a fase 3 e neutro = 225,8 V

I_1 corrente na fase 1 = 266,3 A

I_2 corrente na fase 2 = 379,4 A

I_3 corrente na fase 3 = 381,0 A

Estes dados demonstram que o transformador, no momento da medição, apresentava as tensões fase-fase e fase-neutro equilibradas e a corrente I_1 desequilibrada em relação às correntes I_2 e I_3 . Em outros momentos de medição, as tensões mantiveram-se equilibradas e as correntes continuaram a apresentar certo desequilíbrio, porém em configurações diferentes à anterior, não indicando a ocorrência de sobrecargas ou subcargas em nenhuma fase em particular. Portanto, pode-se considerar que o transformador está adequado às cargas instaladas e as suas fases devidamente equilibradas.

4.2.2 Motores elétricos

As Tabelas 8 a 12 apresentam as medições das grandezas elétricas dos maiores motores encontrados na agroindústria.

Tabela 8 – Medições de tensão, corrente, potência ativa e fator potência dos motores 1 a 5

Item	1	2	3	4	5
Local de Trabalho	Compressor Amônia (parede)	Compressor Amônia	Compressor Amônia	Exaustor Caldeira	Homogenizador
Marca Motor	WEG	WEG	WEG	WEG	ABB
Potencia Nominal (cv)	60	60	100	25	100
Ano do Motor	2003	2004	2004	1998	
Carcaça				160L	280S
RPM Motor	1770	1770	1770		1786
Tensao Nominal (V)	380	380	380	380	380
Tensao Medida (V)	374,7	376,43	374,12	357,38	361,99
Corrente Nominal (A)	87,4	88,6	113,3	37,6	114
Corrente Medida (A)	7,15	8,32	111,76	30,6	70
Fator de Potencia Medido	0,65	0,68	0,72	0,8	0,84
Potência Ativa Medida (kW)	1,1	1,23	17,38	5,067	12,29
NDFP (Dias úteis fora ponta)	26	26	26	26	26
NUPFP (Horas Fora da Ponta)	21	21	21	4	4
ND (Dias úteis na ponta)	22	22	22	22	22
NUP (Horas na Ponta)	0	0	0	0	0
Marca Bomba					FABO
Modelo Bomba					BCIS07G
Série					3711
Pressão (MCA)					35
Vazão (litros/hora)					35.000
Rotor					150 RA7
Aço Inox				304	304

Tabela 9 – Medições de tensão, corrente, potência ativa e fator potência dos motores 6 a 10

Item	6	7	8	9	10
Local de Trabalho	Bomba de Vácuo	Bomba de água gelada	Queijo Centrifuga	Queijo Centrifuga	Queijo Dreno Prensa
Marca Motor	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG
Potencia Nominal (cv)	10	10	10	5	5
Ano do Motor				1987	
Carcaça				100L	
RPM Motor	3515	3515	3515	3500	3485
Tensao Nominal (V)	380	380	380	380	380
Tensao Medida (V)	372,39	371,23	371,81	370,65	369,5
Corrente Nominal (A)	11,33	11,33	11,33	5,67	5,66
Corrente Medida (A)	6,679	6,33	6,33	4,13	3,89
Fator de Potencia Medido	0,67	0,71	0,68	0,8	0,79
Potência Ativa Medida (kW)	0,962	0,962	0,921	0,711	0,654
NDFP (Dias úteis fora ponta)	30	30	30	30	30
NUPFP (Horas Fora da Ponta)	21	21	21	21	21
ND (Dias úteis na ponta)	22	22	22	22	22
NUP (Horas na Ponta)	0	0	0	0	0
Marca Bomba	FABO	FABO	FABO	FABO	FABO
Modelo Bomba	BCIES03	BCIES03	BCIES03		BCIES02E
Série	6062	6062	6062		5968
Pressão (MCA)	50	50	50		20
Vazão (litros/hora)	20.000	20.000	20.000		30.000
Rotor	180 RA5	180 RA5	180 RA5		140 RA7
Aço Inox	304	304	304	304	304

Tabela 10 – Medições de tensão, corrente, potência ativa e fator potência dos motores 11 a 15

Item	11	12	13	14	15
Local de Trabalho	Queijo Dreno Prensa	Resfriamento Queijo Prato	Resfriamento Queijo Mussarela	Queijo Minas	Queijo Minas
Marca Motor	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG
Potencia Nominal (cv)	3	1	1	10	5
Ano do Motor	1998				2004
Carcaça	90S				100L
RPM Motor	3450	3425	3425	3510	3485
Tensao Nominal (V)	380	380	380	380	380
Tensao Medida (V)	369,5	365,46	365,46	364,88	364,88
Corrente Nominal (A)	3,4	1,13	1,13	11,33	5,67
Corrente Medida (A)	3,02	0,75	0,82	7,35	4,19
Fator de Potencia Medido	0,81	0,84	0,82	0,84	0,79
Potência Ativa Medida (kW)	0,521	0,134	0,142	1,299	0,698
NDFP (Dias úteis fora ponta)	30	30	30	30	30
NUPFP (Horas Fora da Ponta)	21	21	21	21	21
ND (Dias úteis na ponta)	22	22	22	22	22
NUP (Horas na Ponta)	0	0	0	0	0
Marca Bomba	FABO	FABO	FABO	FABO	FABO
Modelo Bomba		BCIES01	BCIES01	BCIES03	
Série		6558	6568	5024	
Pressão (MCA)		10	10	50	
Vazão (litros/hora)		10.000	10.000	20.000	
Rotor		80 RA5	80 RA5	180 RA5	
Aço Inox	304	304	304	304	304

Tabela 11 – Medições de tensão, corrente, potência ativa e fator potência dos motores 16 a 19

Item	16	17	18	19
Local de Trabalho	Água Quente Queijo MATE	CIP Balão	CIP Balão	CIP Balão
Marca Motor	WEG	WEG	WEG	WEG
Potencia Nominal (cv)	1	10	5	10
Ano do Motor				
Carcaça				
RPM Motor	3425	3510	3485	3510
Tensao Nominal (V)	380	380	380	380
Tensao Medida (V)	381,05	378,74	363,15	364,88
Corrente Nominal (A)	1,13	11,33	5,66	11,33
Corrente Medida (A)	0,94	6,58	5,7	6,3
Fator de Potencia Medido	0,9	0,8	0,78	0,75
Potência Ativa Medida (kW)	0,185	1,152	0,934	0,992
NDFP (Dias úteis fora ponta)	30	30	30	30
NUPFP (Horas Fora da Ponta)	21	21	21	21
ND (Dias úteis na ponta)	22	22	22	22
NUP (Horas na Ponta)	0	0	0	0
Marca Bomba	FABO	FABO	FABO	FABO
Modelo Bomba	BCIES01	BCIES03	BCIS07H	BCIES03
Série	5872	5024	4747	5024
Pressão (MCA)	10	50	25	50
Vazão (litros/hora)	10.000	20.000	15.000	20.000
Rotor	100 RA5	180 RA5	160 RA7	180 RA5
Aço Inox	304	304	304	304

Tabela 12 – Medições de tensão, corrente, potência ativa e fator potência dos motores 20 a 22

Item	20	21	22
Local de Trabalho	CIP Balão	CIP Balão	CIP Retorno Bandeja
Marca Motor	WEG	WEG	WEG
Potencia Nominal (cv)	5	7,5	3
Ano do Motor			1994
Carcaça			90S
RPM Motor	3485	3500	3460
Tensao Nominal (V)	380	380	380
Tensao Medida (V)	378,74	364,88	378,74
Corrente Nominal (A)	5,66	8,5	3,4
Corrente Medida (A)	3,55	4,2	2,86
Fator de Potencia Medido	0,81	0,85	0,84
Potência Ativa Medida (kW)	0,629	0,751	0,526
NDFP (Dias úteis fora ponta)	30	30	30
NUPFP (Horas Fora da Ponta)	21	21	21
ND (Dias úteis na ponta)	22	22	22
NUP (Horas na Ponta)	0	0	0
Marca Bomba	FABO	FABO	FABO
Modelo Bomba	BCIES03	BCIS08JC	
Série	5870	4814	
Pressão (MCA)	25	50	
Vazão (litros/hora)	25.000	10.000	
Rotor	130 RA7	180 RA7	
Aço Inox	304	304	304

As tabelas 13 e 14 mostram um extrato das medições dos motores selecionados, incluindo a análise de rendimento e carregamento dos mesmos, dados dos motores eficientes e uma análise econômica preliminar.

Tabela 13 – Dados de placa dos motores 1 a 22 e as respectivas medições em campo

Motor existente																			
Dados do Local e Carga			Dados de Placa do Motor									Medição em Campo							
Item (1)	Local de Medição (2)	Tipo de Carga (3)	Potência Nominal (cv) (4)	Marca do Motor (5)	Potência Ativa Nominal (kW) (6)	Ano do Motor (7)	RPM (8)	Tensão nominal (V) (9)	Corrente Nominal (A) (10)	Fator de Potência Nominal (11)	Rendimento Nominal (12)	Tensão Medida (V) (13)	Corrente Medida (A) (14)	Fator de Potência Medido (15)	Potência Ativa Medida (kW) (16)	Carregamento Medido (%) (17)	Rendimento Medido (18)	Potência no eixo medida (cv) (19)	Potência no eixo medida (kW) (20)
1	Sala de Máquinas	Compressor Amônia (parede)	60	WEG	47,484	2003	1770	380	87,4	0,870	93,0%	374,7	63,4	0,855	34,400	71,29%	91,5%	42,8	31,481
2	Sala de Máquinas	Compressor Amônia	60	WEG	47,484	2004	1770	380	87,4	0,870	93,2%	375,9	83,2	0,650	33,888	71,12%	92,7%	42,7	31,408
3	Sala de Máquinas	Compressor Amônia	100	WEG	79,140	2004	1770	380	113,3	0,910	93,0%	374,1	111,8	0,720	67,380	78,05%	85,3%	78,0	57,441
4	Caldeira	Exaustor caldeira	25	WEG	20,422	1998	1760	380	37,6	0,820	90,1%	358,5	30,6	0,800	19,220	79,40%	76,0%	19,8	14,609
5	Produção	Homogenizador	100	ABB	79,055	200	1786	380	114	0,910	93,1%	362,0	70,0	0,840	75,446	56,68%	55,3%	56,7	41,717
6	Páteo	Bomba de vácuo	10	WEG	8,460	2000	3515	380	11,33	0,870	87,0%	372,4	6,7	0,670	7,820	45,40%	42,7%	4,5	3,341
7	Sala de Máquinas	Bomba de água gelada	10	WEG	8,460	2000	3515	380	11,33	0,870	87,0%	370,7	6,3	0,710	6,955	45,59%	48,2%	4,6	3,356
8	Produção	Centrífuga de queijo	10	WEG	8,460	2000	3515	380	11,33	0,870	87,0%	370,7	6,3	0,680	8,420	43,67%	38,2%	4,4	3,214
9	Produção	Centrífuga de queijo	5	WEG	4,658	1987	3500	380	5,67	0,860	79,0%	370,7	4,1	0,800	3,962	67,76%	62,9%	3,4	2,493
10	Produção	Prensa para dreno do queijo	5	WEG	4,658	1988	3485	380	5,67	0,890	79,0%	369,8	3,9	0,790	3,745	60,90%	59,8%	3,0	2,241
11	Produção	Prensa para dreno do queijo	3	WEG	2,905	1998	3450	380	3,4	0,900	76,0%	368,9	3,0	0,810	2,505	79,94%	70,5%	2,4	1,765
12	Produção	Resfriamento de queijo prato	1	WEG	0,906	2000	3425	380	1,13	0,800	81,2%	365,5	0,8	0,840	0,785	69,69%	65,3%	0,7	0,513
13	Produção	Resfriamento de queijo muss.	1	WEG	0,906	2000	3425	380	1,13	0,800	81,2%	365,5	0,8	0,820	0,814	74,38%	67,3%	0,7	0,547
14	Produção	Queijo minas	10	WEG	8,124	2000	3510	380	11,33	0,880	90,6%	364,6	7,4	0,840	8,092	61,92%	56,3%	6,2	4,558
15	Produção	Queijo minas	5	WEG	4,299	2004	3485	380	5,67	0,880	85,6%	364,6	4,2	0,790	4,098	66,34%	59,6%	3,3	2,441
16	Produção	Água quente queijo mate	1	WEG	0,906	2000	3425	380	1,13	0,800	81,2%	379,3	0,8	0,900	0,774	79,65%	75,7%	0,8	0,586
17	Recepção de leite	CIP Balão	10	WEG	8,598	2000	3510	380	11,33	0,880	85,6%	379,3	6,6	0,800	7,485	52,80%	51,9%	5,3	3,886
18	Recepção de leite	CIP Balão	5	WEG	4,299	2004	3485	380	5,66	0,880	85,6%	363,7	5,7	0,780	3,971	89,26%	82,7%	4,5	3,285
19	Recepção de leite	CIP Balão	10	WEG	8,598	2000	3510	380	11,33	0,880	85,6%	363,7	6,3	0,750	7,453	47,39%	46,8%	4,7	3,488
20	Recepção de leite	CIP Balão	5	WEG	4,299	2001	3485	380	5,66	0,880	85,6%	378,5	3,6	0,810	3,978	57,73%	53,4%	2,9	2,125
21	Recepção de leite	CIP Balão	7,5	WEG	6,382	2000	3500	380	8,5	0,870	86,5%	364,6	4,2	0,850	5,963	48,28%	44,7%	3,6	2,665
22	Recepção de leite	CIP retorno bandeja	3	WEG	2,781	1994	3460	380	3,4	0,820	79,4%	379,3	2,9	0,840	2,684	86,17%	70,9%	2,6	1,903

Tabela 14 – Dados do motor eficiente e análise econômica preliminar

Motor existente			Motor Eficiente Proposto												
Dados do Local e Carga			Dado do Motor Eficiente							Análise Econômica Preliminar					
Item (1)	Local de Medição (2)	Tipo de Carga (3)	Potência Nominal do Motor Eficiente (cv) (4)	Carregamento do Motor Proposto (5)	Rendimento Esperado do Motor Eficiente (6)	Potência Ativa do Motor Eficiente (kW) (7)	Redução de Potência Ativa (kW) (8)	Percentual Redução de Potência Ativa (9)	Horas de funcionamento por ano (h/ano) (10)	Energia Economizada Fora de Ponta (MWh/ano) (11)	Preço Médio de Energia Elétrica (R\$/MWh) (12)	Benefício da redução de despesas (R\$/ano) (13)	Investimento total para substituição do motor (R\$) (14)	Tempo de Retorno Simples (meses) (15)	
1	Sala de Máquinas	Compressor Amônia (parede)	50	85,55%	92,90%	33,887	0,513	1,49%	6300	3,229	190,71	615,89	6.468,62	126	
2	Sala de Máquinas	Compressor Amônia	50	85,35%	92,90%	33,808	0,080	0,24%	6300	0,504	190,71	96,13	6.468,62	807	
3	Sala de Máquinas	Compressor Amônia	100	78,05%	94,30%	60,914	6,466	9,60%	6300	40,739	190,71	7769,30	10.180,00	16	
4	Caldeira	Exaustor caldeira	25	79,40%	92,40%	15,811	3,409	17,74%	1200	4,091	190,71	780,19	3.066,85	47	
5	Produção	Homogenizador	75	75,57%	93,20%	44,760	30,686	40,67%	1460	44,801	190,71	8544,02	10.505,22	15	
6	Pátio	Bomba de vácuo	7,5	60,53%	52,00%	6,426	1,394	17,83%	6000	8,367	190,71	1595,59	1.295,20	10	
7	Sala de Máquinas	Bomba de água gelada	7,5	60,79%	52,30%	6,416	0,539	7,74%	4800	2,585	190,71	493,07	1.295,20	32	
8	Produção	Centrifuga de queijo	7,5	58,22%	49,70%	6,467	1,953	23,20%	1878	3,668	190,71	699,57	1.295,20	22	
9	Produção	Centrifuga de queijo	5	67,76%	85,40%	2,920	1,042	26,31%	1878	1,957	190,71	373,28	885,77	28	
10	Produção	Prensa para dreno do queijo	5	60,90%	85,00%	2,637	1,108	29,60%	1878	2,082	190,71	397,00	885,77	27	
11	Produção	Prensa para dreno do queijo	3	79,94%	84,60%	2,086	0,419	16,71%	1878	0,786	190,71	149,92	657,62	53	
12	Produção	Resfriamento de queijo prato	1	69,69%	78,80%	0,651	0,134	17,08%	1878	0,252	190,71	48,02	417,30	104	
13	Produção	Resfriamento de queijo muss.	1	74,38%	79,40%	0,689	0,125	15,30%	1878	0,234	190,71	44,60	417,30	112	
14	Produção	Queijo minas	7,5	82,56%	75,60%	6,029	2,063	25,50%	1878	3,875	190,71	739,05	1.295,20	21	
15	Produção	Queijo minas	5	66,34%	85,30%	2,862	1,236	30,16%	1878	2,321	190,71	442,67	885,77	24	
16	Produção	Água quente queijo mate	1	79,65%	81,20%	0,722	0,052	6,73%	1878	0,098	190,71	18,65	417,30	268	
17	Recepção de leite	CIP Balão	7,5	70,40%	74,00%	5,251	2,234	29,85%	1878	4,195	190,71	800,08	1.295,20	19	
18	Recepção de leite	CIP Balão	5	89,26%	78,60%	4,179	-0,208	-5,24%	1878	-0,391	190,71	-74,58	885,77	-143	
19	Recepção de leite	CIP Balão	7,5	63,19%	71,60%	4,871	2,582	34,64%	1878	4,848	190,71	924,61	1.295,20	17	
20	Recepção de leite	CIP Balão	3	96,22%	73,70%	2,883	1,095	27,53%	1878	2,057	190,71	392,30	657,62	20	
21	Recepção de leite	CIP Balão	5	72,41%	71,10%	3,748	2,215	37,15%	1878	4,160	190,71	793,31	885,77	13	
22	Recepção de leite	CIP retorno bandeja	3	86,17%	76,90%	2,474	0,210	7,82%	1878	0,394	190,71	75,16	657,62	105	
							Total	59,347	18,98%	Total	134,853	Total	25.717,84	52.114,12	24

As fórmulas utilizadas para os cálculos apresentados nas Tabelas 13 e 14 são as seguintes:

Carregamento medido do motor (Tabela 13, coluna 17):

$$\gamma_{med} = \frac{I_{med} \cdot FP_{med}}{I_{nom} \cdot FP_{nom}} \quad (2)$$

onde:

γ_{med} é o carregamento medido do motor (percentual)

I_{med} é a corrente medida no motor (Ampéres)

FP_{med} é o fator de potência medido do motor (adimensional)

I_{nom} é a corrente nominal do motor fornecida pelo fabricante (Ampéres)

FP_{nom} é o fator de potência nominal do motor fornecido pelo fabricante (adimensional)

Rendimento medido do motor (Tabela 13, coluna 18):

$$\eta_{med} = \frac{P_{nom} \cdot 0,736 \cdot \gamma_{med}}{Pa_{med}} \quad (3)$$

onde:

η_{med} é o rendimento medido do motor (percentual)

γ_{med} é o carregamento medido do motor (percentual)

P_{nom} é a potência nominal do motor fornecida pelo fabricante (cv)

0,736 é o fator de conversão de cavalo-vapor (cv) para quilowatt (kW)

Pa_{med} é a potência ativa medida do motor (kW)

Potência ativa nominal (Tabela 13, coluna 6):

$$Pa_{nom} = \frac{P_{nom} \cdot 0,736}{\eta_{nom}} \quad (4)$$

onde:

η_{nom} é o rendimento nominal do motor (percentual)

Pa_{nom} é a potência ativa nominal do motor (kW)

P_{nom} é a potência nominal do motor fornecida pelo fabricante (cv)

0,736 é o fator de conversão de cavalo-vapor (cv) em quilowatt (kW)

Potência no eixo medida (Tabela 13, coluna 19):

$$Pe = \frac{Pa_{med} \cdot \eta_{med}}{0,736} \quad (5)$$

onde:

η_{med} é o rendimento medido do motor (percentual)

Pe_{med} é a potência medida no eixo do motor (cv)

Pa_{med} é a potência ativa medida do motor (kW)

0,736 é o fator de conversão de cavalo-vapor (cv) em quilowatt (kW)

Carregamento do motor proposto (Tabela 14, coluna 5):

$$\gamma_p = \frac{Pe_{med}}{P_{nom\ mef}} \quad (6)$$

onde:

γ_p é o carregamento do motor proposto (percentual)

Pe_{med} é a potência medida no eixo do motor (cv)

$P_{nom\ mef}$ é a potência nominal do motor eficiente proposto (cv)

Potência ativa do motor eficiente (Tabela 14, coluna 7):

$$Pa_{mef} = \frac{Pe_{med}}{\eta_{esp\ mef}} \quad (7)$$

onde:

$\eta_{esp\ mef}$ é o rendimento esperado do motor eficiente (percentual)

Pa_{mef} é a potência ativa do motor eficiente (kW)

Pe_{med} é a potência medida no eixo do motor (kW)

Redução percentual de potência ativa (Tabela 14, coluna 9):

$$R\% = \frac{Rpa}{Pa_{med}} \quad (8)$$

onde:

$R\%$ é a redução percentual de potência ativa do motor (percentual)

Rpa é a redução de potência ativa do motor (kW)

Pa_{med} é a potência ativa medida do motor (kW)

Redução de potência ativa (Tabela 14 coluna 8):

$$Rpa = Pa_{med} - Pa_{mef} \quad (9)$$

onde:

Rpa é a redução de potência ativa do motor (kW)

Pa_{med} é a potência ativa medida do motor (kW)

Pa_{mef} é a potência ativa do motor eficiente (kW)

Energia economizada fora de ponta (Tabela 14 coluna 11):

$$E_{efp} = \frac{hfa \cdot Rpa}{1000} \quad (10)$$

onde:

E_{efp} é a energia economizada fora do horário de ponta (MWh/ano)

hfa são as horas de funcionamento por ano do motor (h/ano)

Rpa é a redução de potência ativa do motor (kW)

Benefício da redução de despesas (Tabela 14 coluna 13):

$$Brd = p_{mee} \cdot E_{efp} \quad (11)$$

onde:

Brd é o benefício da redução de despesas (R\$/ano)

p_{mee} é o preço médio da energia elétrica (R\$/MWh)

E_{efp} é a energia economizada fora do horário de ponta (MWh/ano)

Tempo de retorno simples (Tabela 14 coluna 15):

$$Tr = \frac{Itsm \cdot 12}{Brd} \quad (12)$$

onde:

Tr é o tempo de retorno simples (meses)

$Itsm$ é o investimento total para substituição do motor (R\$)

Brd é o benefício da redução de despesas (R\$/ano)

Obs: A vida útil dos motores foi estimada em função da potência nominal e do número de horas anuais de utilização. Na Tabela 14, considerou-se uma vida útil de 25 anos para os motores de 1 a 5 e 15 anos para os motores de 6 a 22.

4.2.3 Iluminação

O sistema de iluminação da empresa é constituído por lâmpadas fluorescentes, incandescentes e mistas (vide Tabela 2).

As lâmpadas fluorescentes são utilizadas no ambiente da produção, escritório e refeitório.

As lâmpadas mistas são utilizadas na casa de máquinas, ambiente onde se encontram os compressores de amônia, cabine de transformação, proteção e medição e a área de manutenção da fábrica com ferramental, peças de reposição e equipamentos para pequenos consertos.

As lâmpadas incandescentes foram encontradas nos banheiros, no vestiário dos funcionários e na cobertura da caldeira.

A Tabela 15 mostra a situação atual do sistema de iluminação da indústria, identificando o consumo total de energia elétrica deste uso final.

Tabela 15 – Medições no sistema de iluminação da empresa

Medição & Verificação - Situação atual								Medições	
Item	Local	Lâmpada	Quantidade	Horas fora de ponta	Dias/semana fora de ponta	Meses de funcionamento durante o ano	Potência Instalada (W)	Potência Máxima Ativa Fora de Ponta (W)	Consumo Anual Fora de Ponta (MWh/ano)
1	Vestiário Masculino	Incandescente 60W	5	4	5	10	300	60,0	0,048
2	Vestiário Feminino	Incandescente 60W	6	8	7	10	360	60,0	0,096
3	Banheiros	Incandescente 100W	7	4	6	12	700	100,0	0,096
4	Produção	Fluorescente 2x40W	20	10	6	12	1.760	88,0	0,211
5	Produção	Fluorescente 2x40W	19	10	6	12	1.672	88,0	0,211
6	Produção	Fluorescente 2x40W	26	10	6	12	2.288	88,0	0,211
7	Produção	Fluorescente 2x40W	24	10	6	12	2.112	88,0	0,211
8	Escritório	Fluorescente 2x40W	10	10	6	12	880	88,0	0,211
9	Escritório	Fluorescente 2x40W	10	10	6	12	880	88,0	0,211
10	Sala de Máquinas	Mista 160W	6	13	7	12	960	160,0	0,499
Total do consumo (MWh/ano)									2,006

A proposta de efficientização é substituir as lâmpadas incandescentes de 60 W e 100 W por fluorescentes compactas de 20 W e 27 W respectivamente; as lâmpadas fluorescentes tubulares de 40 W por 32 W; e as lâmpadas mistas de 160 W por metálicas de 100 W. Nesta proposta não foram considerados os cálculos luminotécnicos, tendo em vista que não são contemplados nos objetivos deste

trabalho. De qualquer modo, a proposta de substituição das lâmpadas mantém os níveis de luminância atuais.

O projeto de eficiência do sistema de iluminação do Laticínios Guaíra é demonstrado na Tabela 16.

Tabela 16 – Proposta de eficiência do sistema de iluminação

Proposta de Eficiência								Grandezas após a troca de lâmpadas		
Item	Local	Lâmpada	Quantidade	Horas fora de ponta	Dias/semana fora de ponta	Meses de funcionamento durante o ano	Potência Instalada (W)	Potência Máxima Ativa Fora de Ponta (W)	Investimento (R\$)	Consumo Anual Fora de Ponta (MWh/ano)
1	Vestiário Masculino	Fluorescente compacta 20W	5	4	5	10	110	22,0	30,00	0,018
2	Vestiário Feminino	Fluorescente compacta 20W	6	8	7	10	132	22,0	36,00	0,049
3	Banheiros	Fluorescente compacta 27W	7	4	6	12	189	27,0	70,00	0,032
4	Produção	Fluorescente 2x32W	20	10	6	12	1.440	72,0	600,00	0,207
5	Produção	Fluorescente 2x32W	19	10	6	12	1.368	72,0	570,00	0,207
6	Produção	Fluorescente 2x32W	26	10	6	12	1.872	72,0	780,00	0,207
7	Produção	Fluorescente 2x32W	24	10	6	12	1.728	72,0	720,00	0,207
8	Escritório	Fluorescente 2x32W	10	10	6	12	720	72,0	300,00	0,207
9	Escritório	Fluorescente 2x32W	10	10	6	12	720	72,0	300,00	0,207
10	Sala de Máquinas	Metálica 100W	6	13	7	12	660	110,0	120,00	0,481
									3526,00	
Total do consumo (MWh/ano)										1,822

Pela proposta, observou-se que a substituição das lâmpadas vai reduzir o consumo total da instalação em 0,184 MWh /ano (2,006 MWh/ano – 1,822 MWh/ano). Como o valor da tarifa de consumo fora de ponta horossazonal verde está fixada em R\$ 190,71 / MWh (COPEL, 2010), teremos uma economia anual de R\$ 35,10 com a substituição das lâmpadas. O valor do investimento necessário para a implementação destas medidas de economia de energia elétrica é de R\$ 3.526,00 conforme valores de material elétrico e mão de obra, pesquisados no comércio da cidade de Toledo (PR).

Obs: A vida útil das lâmpadas foi estimada em função do tipo da lâmpada e do número de horas anuais de utilização. Para a Tabela 16, considerou-se uma vida útil de cinco anos para todas as lâmpadas.

4.2.4 Refrigeração

A área de refrigeração da empresa Laticínios Guaíra é composta por dois ambientes:

- a) uma câmara de resfriamento de 85,89 m² inserida no conjunto da área de produção próxima à máquina de iogurte. Temperatura média de 3° C;
- b) uma câmara de estocagem de 314,11 m² em área contígua à câmara de resfriamento. Temperatura média de 11° C.

Todo o sistema é alimentado por três conjuntos motor-compressor localizados na casa de máquinas, sendo um de 100 cv e dois de 60 cv, totalizando 220 cv de potência total de compressão.

Destaca-se a grande importância que assume a correlação entre a carga térmica requerida pelos espaços refrigerados e a capacidade do conjunto de refrigeração, a fim de que sejam evitados superdimensionamentos de equipamentos (motor e compressor) que, aliados a outros fatores, contribuem de maneira significativa para o aumento do consumo de energia elétrica. É conveniente salientar também a necessidade de instalação de equipamentos e acessórios que permitam o controle e monitoração dos sistemas de refrigeração (tais como: termostatos e pressostatos), a fim de possibilitar o funcionamento do conjunto dentro dos padrões considerados ideais (PROCEL, 1992).

Os resultados encontrados que contribuem para o aumento de consumo de energia elétrica neste uso final são:

- a) Armazenamento inadequado dos produtos: foi verificado durante o diagnóstico energético que os produtos estão adequadamente armazenados na câmara de estocagem, com espaçamento entre os paletes. Há uma rotatividade grande dos produtos em função de seu prazo de validade. Em média, um produto não fica mais que 24 horas estocado;
- b) Vedação do espaço refrigerado: o estado de vedação do espaço refrigerado está adequado. Foram verificadas as condições das portas e

cortinas de ar para que não haja perda de frio para o meio externo, elevando assim o consumo de energia elétrica;

- c) Perdas devido à falta de termostato: verificou-se a inexistência de termostato no interior das câmaras de refrigeração. Deve-se utilizar este instrumento de controle na instalação para possibilitar o desligamento do compressor quando o ambiente refrigerado atinge a temperatura pré-determinada, evitando o funcionamento por tempo desnecessário;
- d) Necessidade de forçador de ar: os evaporadores instalados no espaço refrigerado estão com falta de forçador de ar. Este equipamento é o responsável pela circulação do ar frio no meio ambiente refrigerado, sendo que sua ausência gera formação de gelo no evaporador, diminuindo a eficiência das trocas térmicas e elevando o consumo de energia elétrica;
- e) Controle de iluminação dentro da câmara frigorífica: Existe sistema de acionamento automático da iluminação no interior das câmaras frigoríficas. As lâmpadas acendem somente quando a porta é aberta para retirada ou inserção de mercadoria;
- f) Localização dos condensadores: Os condensadores estão localizados na sala de máquinas, bem próximos aos compressores de amônia, em local arejado e de fácil acesso para operação e manutenção. Para um melhor retorno do fluido refrigerante, o compressor deve estar em cota abaixo à do evaporador.

O coeficiente de performance do sistema de refrigeração (COP) é um valor adimensional que determina a eficiência do ciclo frigorígeno. O COP pode ser obtido pela seguinte equação:

$$COP = \frac{P_{sist}}{P_{comp}} \quad (13)$$

onde:

COP é o coeficiente de performance do sistema de refrigeração (adimensional)

P_{sist} é a potência térmica gerada pelo sistema (W)

P_{comp} é a potência de compressão total disponível (W)

Segundo a *American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)*, os requisitos mínimos de eficiência para o tipo de refrigeração em questão são (COSTA, 2009):

- Capacidade térmica inferior a 150TR - COP = 3,8
- Capacidade térmica entre 150 e 300TR - COP = 4,2
- Capacidade térmica superior a 300TR - COP = 5,2

Onde a TR representa a tonelada de refrigeração, que vem a ser a energia necessária para liquefazer uma tonelada de gelo em 24 horas.

A relação entre as unidades é a seguinte:

$$1TR = 3,53kW = 3024kcal/h = 1200BTU/h$$

A potência total de compressão do sistema (P_{comp}) é de 135,67kW. O sistema de refrigeração instalado na Laticínios Guaíra, segundo dados de projeto, tem uma capacidade de fornecer 146TRs (515,38kW) = P_{sist} . Isto nos leva à um coeficiente de performance de:

$$COP = \frac{P_{sist}}{P_{comp}} = \frac{515,38}{135,67} \quad COP = 3,798$$

Portanto, pode-se concluir que o sistema de refrigeração da empresa está dentro dos padrões de eficiência energética.

4.3 AVALIAÇÃO ECONÔMICA:

A implementação de todas as medidas identificadas exigirá um investimento de R\$ 55.411,97 (valor total referente a substituição de todos os motores e lâmpadas de acordo com as tabelas 14 e 16 respectivamente) e proporcionará uma redução de 11.490,50 kWh/mês no consumo de eletricidade da empresa de acordo com os cálculos apresentados nas tabelas 14 e 16. O custo para a implementação das medidas de conservação de energia foi de R\$ 4,82/kWh. A energia economizada representa 7,26% do valor médio mensal da eletricidade consumida pela empresa entre os meses de janeiro e dezembro de 2010, conforme dados do faturamento da COPEL. Isto representa uma economia mensal de R\$ 2.191,35 na fatura de energia elétrica da empresa.

O fluxo de caixa da Figura 17 representa graficamente o valor do investimento inicial para a implementação das medidas de eficiência energética e a redução mensal do custo da energia elétrica fora da ponta no decorrer do tempo.

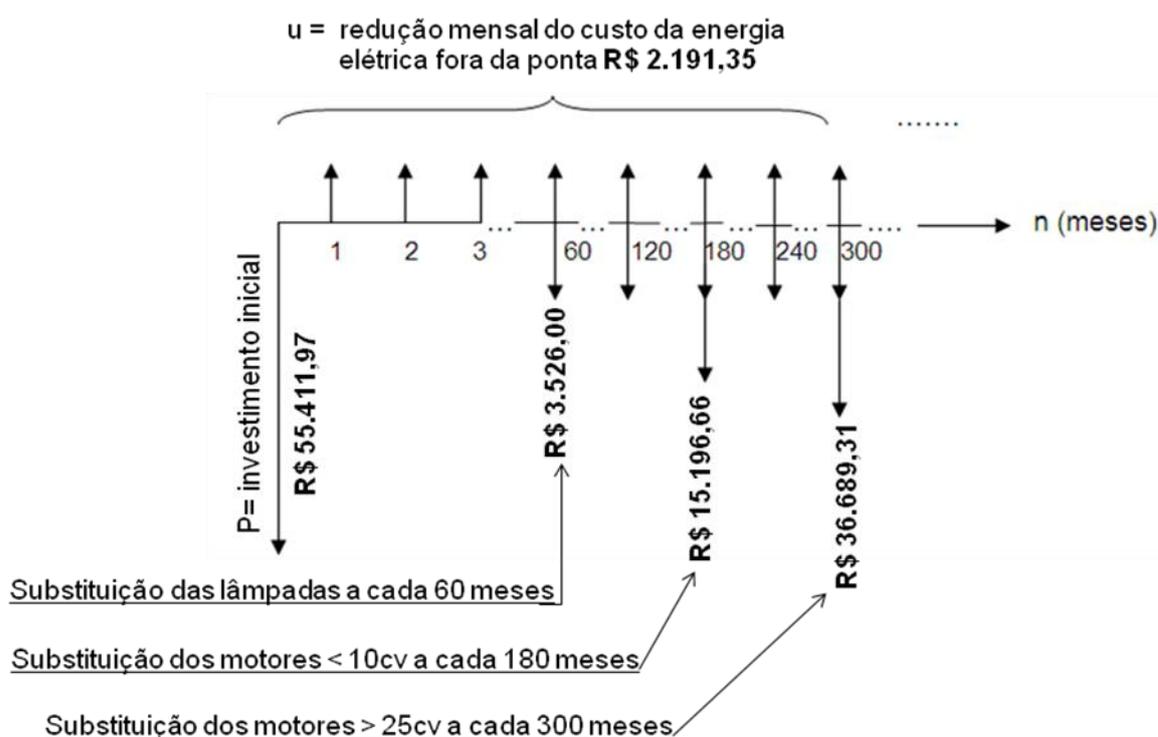


Figura 17: Fluxo de caixa

Indicadores econômicos:

A partir do fluxo de caixa apresentado na Figura 24, foram calculados os seguintes índices:

Payback descontado = 30 meses

Taxa interna de retorno TIR = 3,93% a/m ou 58,74% a/a

Relação custo benefício RCB = 0,30

Foi considerada a taxa mínima de atratividade igual a 1% a/m.

A substituição dos motores e das lâmpadas mostrou-se como uma medida viável de eficiência energética. Um *payback* de 30 meses demonstra que o investimento inicial se pagará em menos de 3 anos. A taxa interna de retorno ficou acima da taxa mínima de atratividade. A relação custo benefício ficou abaixo do valor de 0,80 estipulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica para os projetos de eficiência energética em eletricidade.

Força motriz (motores): R\$ 26.261,17/ano de economia

Iluminação: R\$ 35,10/ano de economia

4.4 CONSUMO ESPECÍFICO DA AGROINDÚSTRIA

O consumo anual total de leite em 2010 foi de 24.840.000 litros. O consumo de energia elétrica ativa no mesmo período foi de 1.898.299 kWh. Desta relação obtemos o consumo específico médio CE1 da indústria antes da implementação das medidas de eficiência energética:

$$CE1 = \frac{1.898.299}{24.840.000} \quad CE1 = 0,076421kWh/l$$

Considerando-se a implementação das medidas de eficiência energética, o consumo anual de energia elétrica passará a ser (conforme dados obtidos nas tabelas 14 e 16):

$$1.898.299 - 137.886 = 1.760.413kWh$$

Portanto, mantendo-se o mesmo consumo de leite anual, passaremos a ter um consumo específico de:

$$CE2 = \frac{1.760.413}{24.840.000} \quad CE2 = 0,07087kWh/l$$

5. CONCLUSÕES

Através da análise dos resultados obtidos e das condições de operação da agroindústria, pode-se chegar às seguintes conclusões:

A energia elétrica é utilizada de maneira bastante satisfatória pela agroindústria de laticínios, pois o potencial de conservação de energia elétrica encontrado no resultado final da auditoria foi de 11.490,50 kWh/mês, o que representa 7,26% do consumo médio mensal de eletricidade da empresa no ano de 2010, conforme informação da Tabela 7. A planta industrial da empresa possui 14 anos de uso e se apresenta em bom estado de conservação em seu aspecto geral. A manutenção e atualização do sistema elétrico são feitas de forma constante e com bastante critério, através de empresas terceirizadas e profissionais capacitados.

Foram encontrados potenciais de conservação de energia elétrica nos sistemas de força motriz e iluminação da empresa. O sistema de refrigeração está bastante eficientizado, com um coeficiente de performance (COP) de 3,798, bem próximo ao valor de 3,8 estabelecido pela *American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) para sistemas com capacidade térmica inferior a 150 toneladas de refrigeração, o que é o caso da Laticínios Guaíra Ltda.

O resultado final da avaliação econômica realizada aponta um *payback* de 30 meses, ou seja, se todos os motores propostos forem substituídos de imediato, o retorno financeiro do investimento se dará em menos de três anos.

A Taxa Interna de Retorno de 3,93% ao mês ficou bem acima do 1% estabelecido como a Taxa Mínima de Atratividade do investimento.

A Relação Custo Benefício de 0,3 representa um valor bastante inferior a 0,8, que é o máximo admitido pela ANEEL para os projetos de eficiência energética. Estes índices representam uma grande possibilidade deste projeto de eficiência energética ser financiado pela empresa concessionária de energia elétrica através do seu Plano de Eficiência Energética, que é avalizado pela Agência Nacional de Energia Elétrica.

O valor do consumo específico antes da adoção das medidas de eficiência energética foi de 0,07642 kWh/l. Após a eficientização, considerando que todas as propostas foram executadas, ter-se-á um consumo específico de 0,07087 kWh/l. Isto

representa uma redução de 7,26% no consumo total da empresa, corroborando com o percentual calculado para a redução do consumo de energia elétrica.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **Norma Brasileira Reguladora 7094/1996 Máquinas elétricas girantes - Motores de indução – Especificação**, de 30/11/1996.

ALCOPAR. **Associação de produtores de bioenergia do estado do Paraná**. Disponível em www.alcopar.org.br .

ANEEL. **Manual para elaboração do programa de eficiência energética**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2008. 63p. Disponível em www.aneel.gov.br .

BRASIL. **Balanco energético nacional 2009-Ano base 2008**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2009. 48p. Disponível em www.epe.gov.br .

CAMARGOS, J. O. et al.. **Estudo de otimização energética: experiências da CEMIG**. In: **X Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica**, 1988, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: Light, 1988. 18p.

CAMPANA, S; OLIVEIRA FILHO, D.; SOARES, A. A.; ALVES DE OLIVEIRA, R.. **Estudo comparativo de métodos para estimativa do carregamento e rendimento de motores elétricos para Auditoria Energética**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.2, p.241-246, 2000 Campina Grande PB, DEAg/UFPB.

CEMIG. **Estudo de otimização energética: setorial laticínios**. Belo Horizonte: CEMIG, 1989. 174p.

COPEL. **Balanco energético do Paraná: sumário executivo ano base 2008**. Curitiba: 2009. Disponível em www.copel.com .

COSTA, E. C.. **Refrigeração**. Editora Edgard Blücher, 3ª edição. São Paulo: 2009.

ELETROBRAS. **Plano decenal de expansão 1999/2008: sumário executivo**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 1999. 40p.

ELETROBRAS. **Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL)**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2010.

EPE. **Estudo sobre o crescimento da demanda de energia no Brasil no período 2005-2030**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2007.

GELLER, H.. **O uso eficiente da eletricidade: uma estratégia de desenvolvimento para o Brasil**. Rio de Janeiro: INEE, 1994. 226p.

GITMAN, L. J.. **Princípios de Administração Financeira**. 7ª edição, São Paulo: Editora Harbra, 2002.

IBGE. **Dados estatísticos do levantamento censitário**. Brasília: IBGE, 2010

KOSOV, I. L.. **Máquinas elétricas e transformadores**. Porto Alegre: Editora Globo, 1982. V.2, 668p.

LOBO, J. W.. **Avaliação energética de uma agroindústria de laticínios**. Cascavel: UNIOESTE, 2000. 114p.

MOREIRA, A. B.. **Análise da operação de sistemas de ventilação industrial visando a Eficiência Energética**, Universidade Federal do Ceará – UFC, 2006, 141p.

OLIVEIRA, C. E. L.; ARAÚJO, B. M.. **Potencial de eficiência energética aplicada à produção de leite no Brasil**. Pirassununga: 2007.

PARANACIDADE. Base de dados dos municípios do Paraná, 2010 www.paranacidade.org.br .

PROCEL. **Manual de conservação de energia na indústria**. [S.l.: s.n.,1986]. 80p.

PROCEL. **Controle energético para redução de custos: manual de engenharia**. Belo Horizonte: CEMIG, 1992.

PROCEL – **Programa de combate ao desperdício de energia elétrica**. *Guia operacional de motores elétricos. Guia técnico*. Rio de Janeiro: 1998b, v.1. 161p.

PROCEL. **Diagnóstico e gestão energética: Software Mark IV 2.0 plus versão 6**. Rio de Janeiro: ELETROBRÁS, 2004.

SÓRIA, A. F. da S.; FILIPINI, F. A.. **Eficiência energética**. Curitiba: Base Editorial, 2010. 272p.

TOLMASQUIM, M. T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R.. **Matriz energética brasileira: uma prospectiva**. Rio de Janeiro: EPE, 2007.

ANEXO 1: Curvas de carga

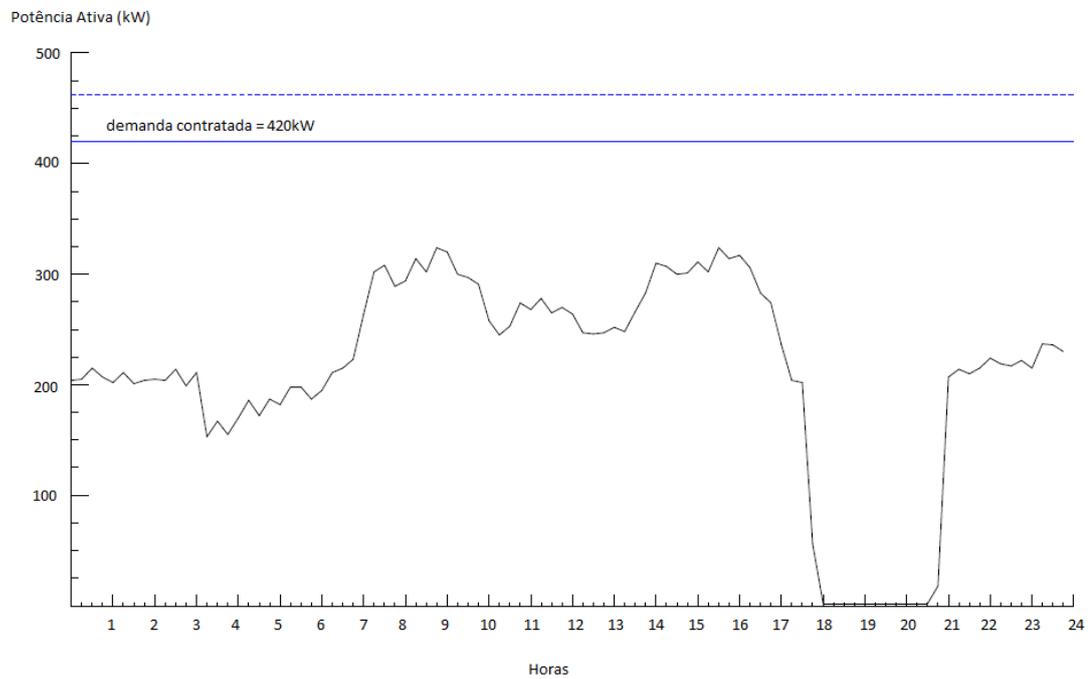


Figura 1: Curva de carga média, segunda-feira - 06/12/2010

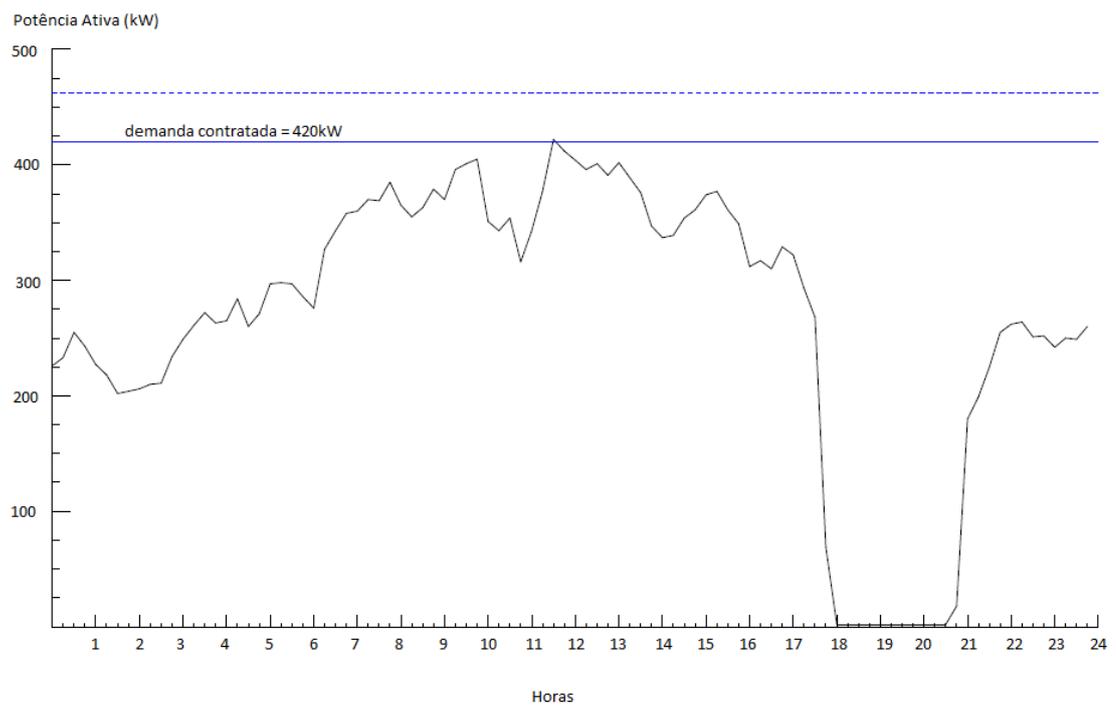


Figura 2: Curva de carga média, terça-feira - 07/12/2010

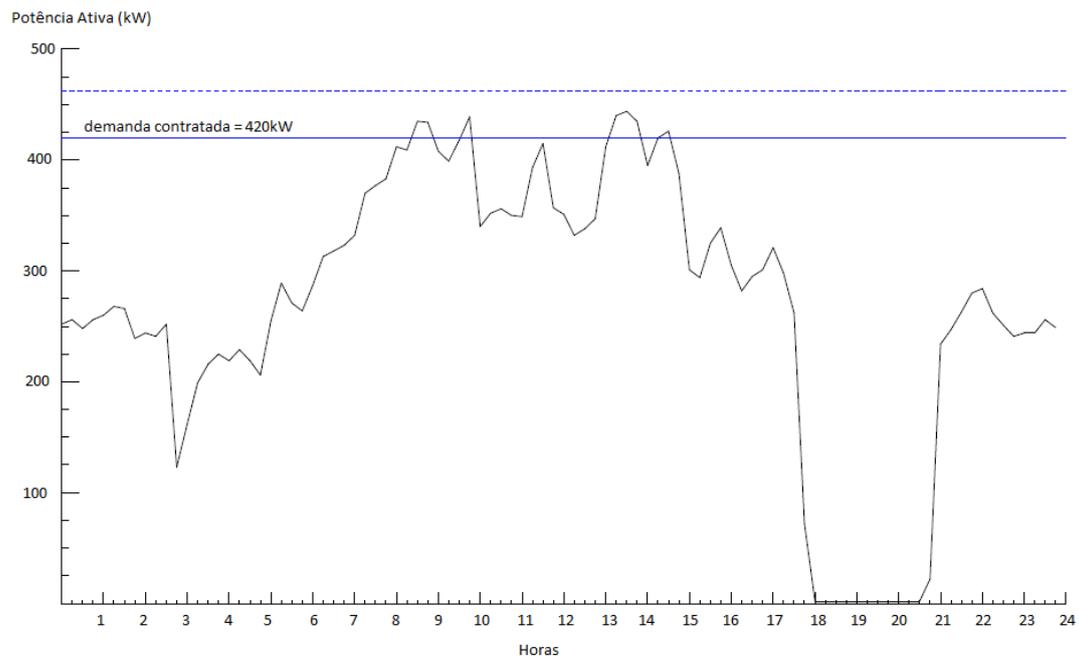


Figura 3: Curva de carga média, quarta-feira - 08/12/2010

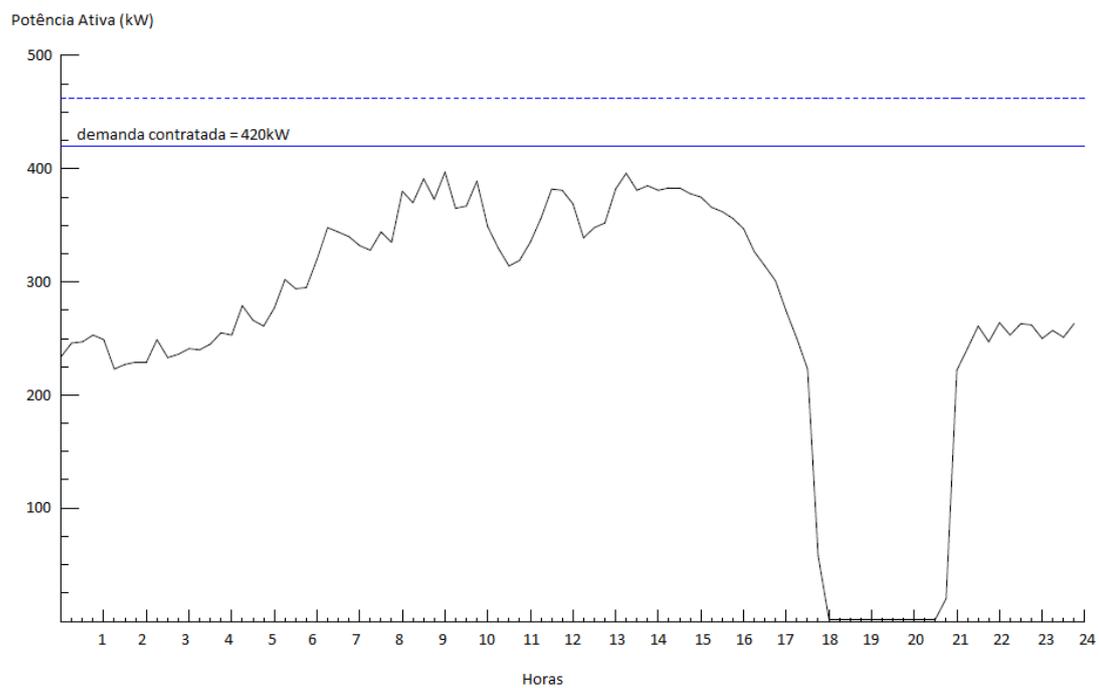


Figura 4: Curva de carga média, quinta-feira - 09/12/2010

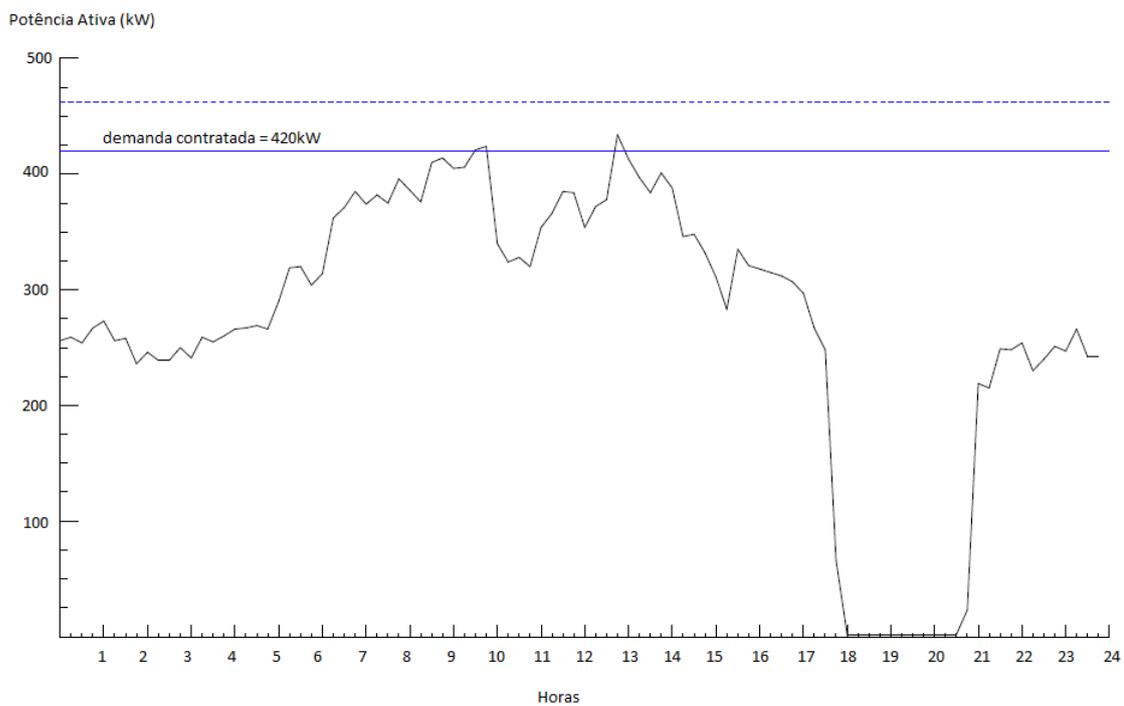


Figura 5: Curva de carga média, sexta-feira - 10/12/2010

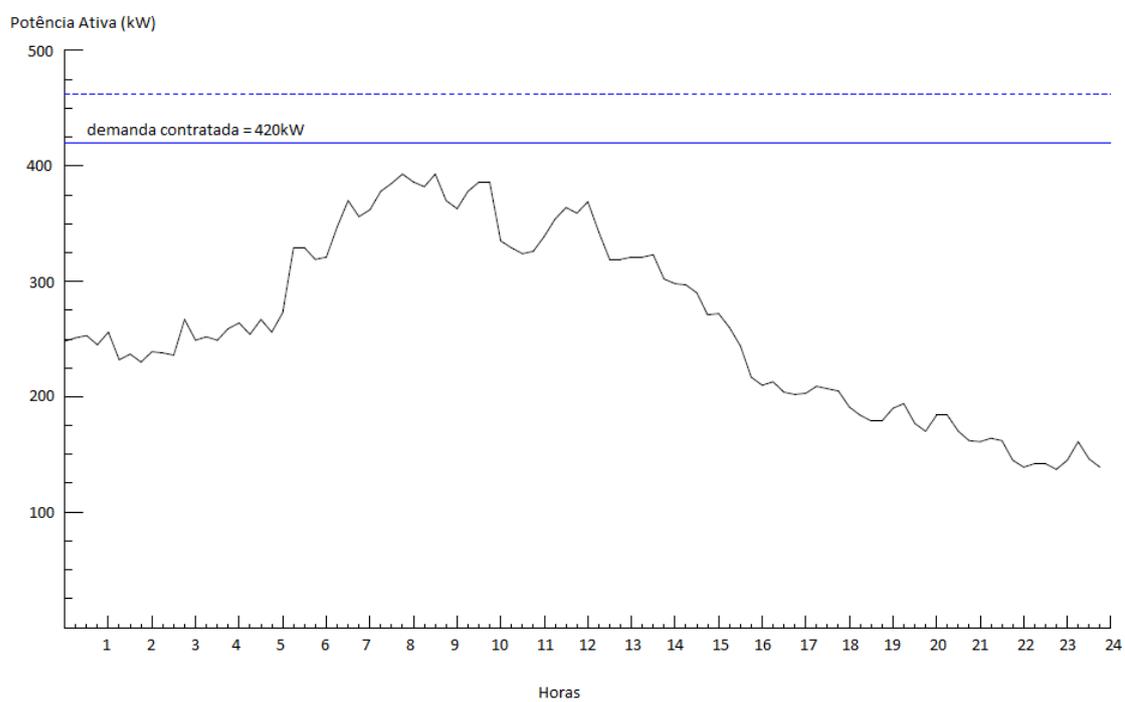


Figura 6: Curva de carga média, sábado - 11/12/2010

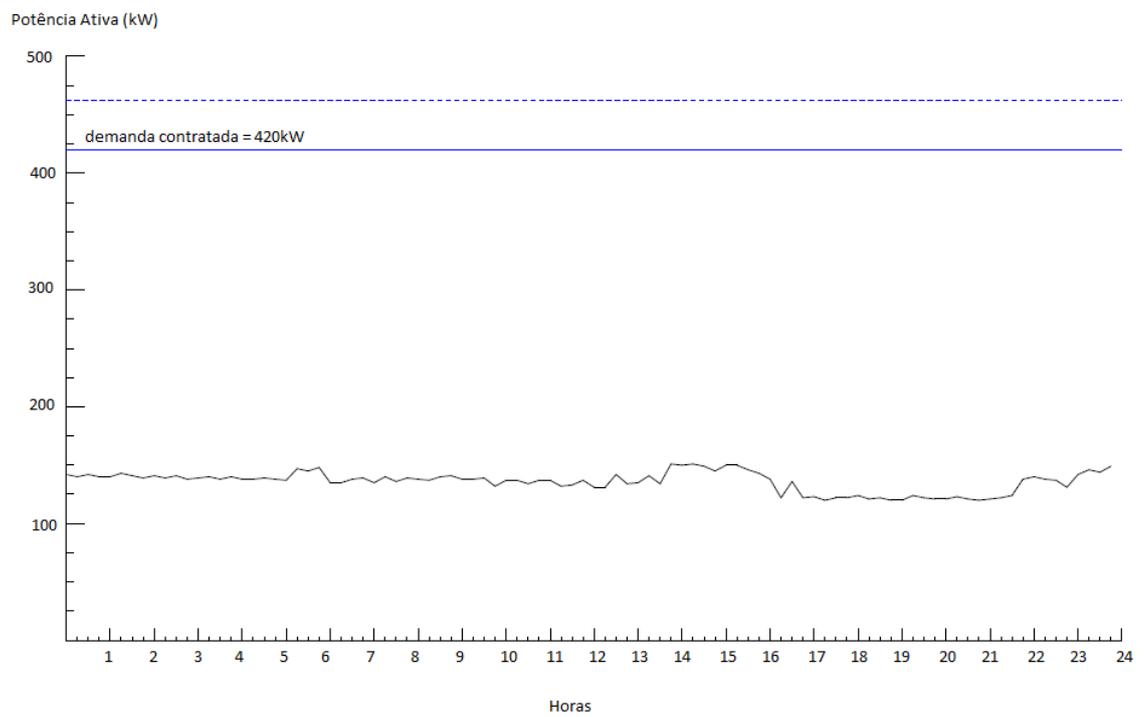


Figura 7: Curva de carga média, domingo - 12/12/2010