

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Francisco Savastano Neto

**SUSTENTABILIDADE APLICADA À INDÚSTRIA: O USO
EFICIENTE DA ENERGIA COMO FORMA DE
CONSERVAÇÃO AMBIENTAL**

**TAUBATÉ – SP
2010**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Francisco Savastano Neto

**SUSTENTABILIDADE APLICADA À INDÚSTRIA: O USO
EFICIENTE DA ENERGIA COMO FORMA DE
CONSERVAÇÃO AMBIENTAL**

Dissertação apresentada para obtenção do
Título de Mestre pelo Programa de Pós
Graduação em Ciências Ambientais do
Departamento de Ciências Ambientais da
Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Ciências Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Nelson W. Dias

**TAUBATÉ - SP
2010**

**Ficha catalográfica elaborada pelo
SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU**

S266s Savastano Neto, Francisco
Sustentabilidade aplicada à indústria: o eficiente da energia como
forma de conservação ambiental / Francisco Savastano Neto. - 2010.
117 f.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Taubaté, Programa de Pós-
graduação em Ciências Ambientais, 2010.
Orientação: Prof. Dr. Nelson Wellausen Dias, Departamento de
Ciências Ambientais.

1. Eficiência energética. 2. Energia. 3. Indicador de sustentabilidade.
4. Redução das emissões de gases do efeito estufa. I. Título.

A minha esposa Zeza, pela paciência, companheirismo, e apoio na superação de todos os obstáculos. As minhas filhas Amanda e Thaís pelo apoio, e por entenderem as minhas constantes ausências.

AGRADECIMENTOS:

Os meus mais sinceros agradecimentos ao Alexandre Falleiros, João Costa, José Francisco Cau, Júlio Malva, Lázaro Oliveira (Moita), Renato Correa Netto, e Sebastião Rocha, pela ajuda recebida durante as várias etapas da elaboração desta dissertação. Esta ajuda e o apoio recebidos foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Ao meu orientador Nelson W. Dias por sua disponibilidade, e confiança em mim depositada.

Aos amigos da Turma XVI, pela boa convivência na caminhada deste aprendizado.

SUSTENTABILIDADE APLICADA À INDÚSTRIA: O USO EFICIENTE DA ENERGIA COMO FORMA DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL

RESUMO:

Uma parcela significativa da energia gasta no Brasil está relacionada ao consumo industrial (40,6%). Este trabalho propõe a mostrar um dos muitos caminhos para se obter a redução no consumo de energia elétrica na indústria e, com isso, diminuir as emissões associadas à geração, transmissão e consumo deste recurso. A busca da indústria pela eficiência energética, aliada às práticas econômicas, sociais e ambientais adequadas, pode colocá-la no caminho da sustentabilidade. A emissão de CO₂/kWh foi o indicador escolhido para monitorar o comportamento do consumo de energia no desenvolvimento dos dois estudos de caso. O principal objetivo destes casos foi a redução das emissões de gases do efeito estufa por meio do uso eficiente da energia elétrica. No primeiro caso um sistema de moagem de polpa de celulose usada na fabricação de fraldas foi substituído por outro mais eficiente, obtendo-se uma redução no consumo de energia de 60%, o que gera uma redução estimada das emissões de CO₂ de 80 t/ano. No segundo caso, o sistema de vácuo da formação da fralda foi trocado por outro mais eficiente, conseguindo-se uma redução de 56% no consumo de energia, com a conseqüente redução estimada de emissão de CO₂ de 74 t/ano. Nestes casos observou-se que a utilização eficiente de fontes de energia, além de gerar um menor nível nas emissões de gases do efeito estufa, também contribui para a redução dos custos industriais.

PALAVRAS CHAVE: Energia, Eficiência energética, Indicador de sustentabilidade, Redução das emissões de gases do efeito estufa.

INDUSTRIAL SUSTAINABILITY: THE EFFICIENT ENERGY USE AS FORM OF ENVIRONMENTAL CONSERVATION

ABSTRACT:

A significant fraction of the energy spent in Brazil is associated with industrial consumption (40.6%). The purpose of this work is to demonstrate one of many ways to reduce electric energy consumption by the industry and, as consequence, reduce emissions associated with generation, transmission, and consumption of this resource. The search of energetic efficiency, coupled with economical, social, and environmental practices can shift the industry in the direction of a sustainability path. The emission of CO₂/kWh was chosen as a sustainability indicator to monitor the energy consumption pattern during the development of this research. The main objective was to assess the reduction of the greenhouse gas emission, associated with a higher electric energy efficiency consumption strategy adopted in two cases that were analyzed. At the first case, a cellulose pulp milling system, used at a diaper manufacturing process, was replaced by another system with higher efficiency. The reduction in energy consumption reached 60%, and reduced greenhouse gas emissions in an estimated 80 ton/year. At the second case, a fan of the diaper vacuum system was also replaced by a more efficient system. The energy consumption decreased 56%, resulting in a greenhouse gas emissions reduction of 74 ton/year. These results demonstrate the relationship between adopting more energy efficient system, and the reduction in greenhouse gas emissions, that moreover, contributes to industrial cost reduction.

KEY WORDS: Energy, Energetic efficiency, Sustainability indicator, Greenhouse gas emissions reduction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo de sustentabilidade empresarial	23
Figura 2 – Estrutura do uso da energia	34
Figura 3 – Triângulo de potência	59
Figura 4 – Esquema do sistema de formação da fralda	61
Figura 5 – Rolo de polpa de celulose	62
Figura 6 – Moinho antigo	63
Figura 7 – Motor 250 CV acionamento do moinho antigo	64
Figura 8 – Rotor do moinho antigo (martelos oscilantes)	64
Figura 9 – Instrumentista obtendo dados de campo	67
Figura 10 – Instrumentista com equipamentos de segurança	68
Figura 11 – Ventilador antigo removido da unidade de produção	72
Figura 12 – Ventilador de nova geração	72
Figura 13 – Vacuômetro do sistema de formação	74
Figura 14 – Gráfico exibindo variação significativa da Ee	78
Figura 15 – Gráfico Ee moinho antigo com variação quantidade de polpa	79
Figura 16 – Gráfico Ee moinho antigo com base dados modificada	80
Figura 17 – Gráfico Ee moinho nova geração com variação quantidade de polpa	81
Figura 18 – Gráfico Ee moinho nova geração com base de dados modificada	82
Figura 19 – Gráfico potência acionamento moinhos em vazio	84
Figura 20 - Comparativo potência acionamento ventiladores antigo e novo	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo comparativo entre competitividade e sustentabilidade	21
Tabela 2 – Consumo de energia por setores da economia brasileira	28
Tabela 3 – Evolução do consumo de energia por setor no Brasil	32
Tabela 4 – Distribuição da energia primária no Brasil e no mundo	36
Tabela 5 – Oferta interna de energia no Brasil	38
Tabela 6– Principais fontes antropogênicas emissoras gases do efeito estufa	54
Tabela 7– Modelo de planilha de coleta dados dos moinhos	69
Tabela 8– Modelo de planilha de coleta dados dos ventiladores	76
Tabela 9 – Comparativo da Ee dos moinhos em operação	83
Tabela 10 – Comparativo energia acionamento moinhos em vazio	84
Tabela 11 – Comparativo energia acionamento dos ventiladores	85
Tabela 12 – Comparativo energia acionamento dos ventiladores em vazio	86
Tabela 13 – Emissões anuais de CO ₂ por moinho	88
Tabela 14 – Emissões anuais de CO ₂ por ventilador	88

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A – Ampère;

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica;

BEN – Balanço Energético Nacional;

BPF – Baixo ponto de fluidez;

CONPET – Programa Racionalização de Uso dos Derivados de Petróleo e Gás Natural;

CFC – Clorofluorcarbono;

CH₄ – Metano;

CV – Cavalo vapor;

Ee – Eficiência energética;

g – Grama;

GEE- Gases do efeito estufa;

HP – *Horse Power*;

i – Corrente;

IPCC – Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas;

O₃ – Ozônio;

TEP (tep) – Tonelada equivalente de petróleo;

MEB – Matiz Energética Brasileira;

Mtep – Milhões de toneladas equivalentes de petróleo;

MW – megawatts;

N₂O – Óxido nitroso;

P – Potência;

PCH's – Pequenas centrais hidrelétricas;

Pp – Peso de polpa;

PPM – Produtos por minuto;

PROCEL – Programa nacional de conservação de energia elétrica;

Qp – Quantidade de polpa desfibrada;

SF₆ – Hexafluoreto de enxofre;

V – volt;

Vo – Velocidade de operação.

SUMÁRIO

1 Introdução	16
1.1 Objetivo Geral	17
1.2 Objetivos Específicos	17
2 Revisão Bibliográfica	18
2.1 Desenvolvimento Sustentável	18
2.1.1 Sustentabilidade Empresarial	19
2.1.2 Indicadores de Sustentabilidade	24
2.1.3 Indicadores de Sustentabilidade – Roteiro Discussão	25
2.1.3.1 Para Produto	25
2.1.3.2 Para Processo	26
2.1.3.3 Para Social	26
2.2 Energia	29
2.2.1 Classificação das Fontes de Energia	32
2.2.2 Fontes de Energia	36
2.2.3 Fontes Renováveis de Energia	38
2.2.3.1 Grandes Empreendimentos de Energia Hidráulica	39
2.2.3.2 Energia de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH's)	41
2.2.3.3 Energia de Biomassa	42
2.2.3.4 Energia Solar	44
2.2.3.5 Energia Eólica	45
2.2.4 Fontes Não Renováveis de Energia	46
2.2.4.1 Petróleo	46
2.2.4.2 Gás Natural	48
2.2.4.3 Carvão	50
2.2.4.4 Energia Nuclear	50
2.3 Efeito Estufa	52
2.3.1 Efeito Estufa Natural	52
2.3.2 Efeito Estufa Antropogênico	53

2.4 Externalidades Relativas à Energia	55
2.5 Eficiência Energética	56
2.5.1 Motores Elétricos	58
3 Material e Método	60
3.1 Indicadores de Sustentabilidade Adotados	60
3.2 Caracterização do Estudo de Caso	60
3.2.1 Moinho Desfibrador de Polpa	62
3.2.1.1 Obtenção dos Dados	65
3.2.2 Ventilador do Sistema de Vácuo de Formação	71
3.3 Obtenção dos Dados	73
4 Resultados e Discussão	77
4.1 Moinho Desfibrador de Polpa	77
4.2 Ventilador do Sistema de Vácuo de Formação	85
4.3 Cálculo de Emissões	87
5 Conclusões	89
6 Outras Considerações	90
7 Referências Bibliográficas	92
Apêndice	95
Apêndice A – Descrição dos Equipamentos de Medição	95
Apêndice B – Dados Produção e Consumo da Máquina 2 com Moinho Antigo	96
Apêndice C – Dados Produção e Consumo da Máquina 2 com Moinho Antigo	97
Apêndice D – Dados Produção e Consumo da Máquina 2 com Moinho Antigo	98
Apêndice E– Dados Produção e Consumo da Máquina 1 com Moinho de Nova Geração. .	99
Apêndice F – Dados Produção e Consumo da Máquina 1 com Moinho de Nova Geração. .	100
Apêndice G – Dados Produção e Consumo da Máquina 1 com Moinho de Nova Geração .	101
Apêndice H– Dados Produção e Consumo Moinho Antigo Rodando em Vazio	102
Apêndice I – Dados Produção e Consumo Moinho de Nova Geração Rodando em Vazio .	103
Apêndice J – Dados Produção e Consumo da Máquina 2 com Ventilador Antigo	104
Apêndice K – Dados Produção e Consumo da Máquina 2 com Ventilador Antigo	105
Apêndice L – Dados Produção e Consumo da Máquina 2 com Nova Geração de Ventilador	106
Apêndice M – Dados Produção e Consumo da Máquina 2 com Nova Geração de Ventilador	107
Apêndice N – Dados Produção e Consumo da Máquina 2 com Nova Geração	

de Ventilador	108
Apêndice O – Dados Produção e Consumo da Máquina 2 com Ventilador Antigo	
em Vazio	109
Apêndice P – Dados Produção e Consumo da Máquina 2 com Ventilador Antigo	
em vazio	110
Anexo	111
Anexo A – Dimensional do Ventilador do Sistema de Vácuo de Formação da Fralda ...	111
Anexo B – Lista de Definições	112
Autorização de Reprodução	114

1 INTRODUÇÃO

O que mais afeta o planeta não é apenas o crescimento populacional, mas a forma como os seus habitantes usam o espaço da terra que lhes é destinado. A expansão no uso deste espaço na terra está crescendo de modo tão acelerado, como até então nunca se viu. A combinação dos fatores: *(i)* crescimento populacional; *(ii)* crescimento econômico; *(iii)* aumento desenfreado do consumo, está levando as reservas naturais do planeta a uma condição de exaustão, mostrando que este modelo pode se tornar insustentável em curto espaço de tempo (MEADOWS et al. 2007).

Para atender a demanda gerada pelo aumento populacional e alterações no padrão de consumo, as indústrias estão sistematicamente aumentando sua produção e junto com este incremento produtivo vem também o aumento na demanda por energéticos, como o petróleo, gás natural, carvão, madeira e energia elétrica oriunda das mais diversas fontes.

Além de extrair da natureza os insumos necessários para abastecer suas linhas de produção, as empresas devolvem ao meio ambiente, resíduos sólidos, efluentes líquidos e gases nocivos que ocasionam a poluição ambiental.

Hoje o termo sustentabilidade está presente no dia a dia da sociedade moderna e a mídia tem uma participação importante na disseminação deste termo e dos seus conceitos, pois a todo o momento, tem mostrado casos de desrespeito ambiental e social, despertando nas pessoas o interesse pelo assunto e por uma necessidade de mudança rápida na forma desta sociedade interagir com o ambiente.

As leis ambientais, as restrições impostas pelo mercado e as pressões sociais estão forçando as empresas a buscarem formas de reduzir o impacto ambiental, e a melhorar sua

imagem no quesito responsabilidade social. Além das atividades econômicas tradicionais as empresas passam a preocupar-se com o efeito que o processo produtivo causa ao meio ambiente e também à sociedade.

Com a redução do consumo de energia outros benefícios são obtidos, diminui-se também a demanda em toda a cadeia de produção de energéticos, bem como os problemas ambientais gerados pela extração, refino e transporte destes produtos. Com isso a continuidade do negócio é postergada, em função de ter disponíveis estes recursos naturais por mais tempo.

Para gerenciar as atividades com foco na sustentabilidade, as empresas passam a definir indicadores que são instrumentos que possibilitam medir as alterações que ocorrem no objeto de estudo, ao longo do tempo.

1.1 Objetivo Geral

Demonstrar os impactos das estratégias do uso eficiente da energia elétrica pela indústria, por meio da comparação de eficiência energética em equipamentos com diferentes tecnologias

1.2 Objetivos Específicos

Adotar valores estimados de emissões de gases do efeito estufa correlacionados ao consumo de energia elétrica, e calcular a redução das emissões dos gases do efeito estufa por dois equipamentos de uma indústria de produtos descartáveis.

Identificar outras oportunidades de redução do consumo de energia nas operações da empresa.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Desenvolvimento Sustentável

De acordo com o Relatório de Brundtland (1987), sustentabilidade é: suprir as necessidades das gerações presentes, sem impedir que as gerações futuras possam satisfazer todas suas necessidades. Para tanto a interação do homem com o meio ambiente deve ser: *(i)* ecológicamente correta, *(ii)* economicamente viável e *(iii)* socialmente justa.

A busca do crescimento, respeitando as premissas da sustentabilidade é o grande desafio a ser enfrentado pela sociedade atual, com a valorização dos recursos humanos e naturais, objetivando atingir uma melhor qualidade de vida para todos. Para tanto uma série de problemas devem ser superados, como exemplifica Mininni-Medina apud Mendonça et al. (2006):

Agricultura sustentável: Transformações no modelo de desenvolvimento, de produção, de investimentos em crédito rural, de ocupação do solo, de comercialização dos produtos agrícolas;

Sustentabilidade das cidades: Boas condições de moradia, transporte e lazer, sendo o ambiente urbano adequado para o desenvolvimento de atividades humanas;

Infra-estrutura sustentável: Tornar a matriz energética eficiente investimento na geração de energia limpa;

Ciência e Tecnologia: Para que os desenvolvimentos econômico, social e ambiental sejam sustentáveis, são necessários grandes investimentos em educação, pesquisa, ciência e tecnologia;

Redução das desigualdades: Diminuição da pobreza extrema, promoção da inclusão social, redução do consumo desenfreado das camadas mais privilegiadas da sociedade, são condições básicas para a construção de um desenvolvimento sustentável;

Abordando o tema que trata sobre o consumo humano nos diferentes países e regiões, refletindo sobre a falta de sustentabilidade do deste modelo de consumo, Araújo (2005) escreveu:

Essa situação é resultado, tanto nas correntes dominantes do pensamento econômico, quanto nas dos leigos, da idéia de que os recursos naturais, por serem vistos como bens livres, como tais, não são quantificados, ou mesmo, finitos. Mesmo porque sempre fica a questão: como atribuir preços ao ar, à água, ao subsolo, aos ecossistemas e à biodiversidade da flora e fauna? Como atribuir preço à vida humana? Tal visão deve-se ao fato de os economistas tratarem o meio ambiente como um subsistema da economia e, dessa forma, como um sistema fechado e estático. No entanto, é a economia que está contida no meio ambiente, e conseqüentemente, não pode ser pensada como um processo estático, mas, sim, dinâmico. Assim, os princípios da ecologia devem fornecer o arcabouço teórico para que os “ecoeconomistas” possam modelar uma nova economia que seja sustentável não só ambiental, como também socialmente.

2.1.1 Sustentabilidade Empresarial

Segundo Philippi apud Mendonça et al. (2006), uma atividade sustentável é toda aquela que pode ser mantida indefinidamente. Ela nunca cessa, apesar dos imprevistos que podem vir a ocorrer. Pode-se ampliar o conceito de sustentabilidade, para a sociedade sustentável, e pode-se entender também que ajudando a compor a sociedade sustentável está a empresa sustentável, aquela que não coloca em risco os recursos naturais como a água, o ar, o solo e a vida vegetal e animal dos quais a vida (da sociedade) depende.

Mendonça et al. (2006) alertam que os recursos naturais existentes devem ser usados com muita parcimônia, é preciso reconhecer que todos eles, sem exceção, são finitos, e que a nossa sobrevivência e a manutenção das condições hoje existentes em nosso planeta, ainda que longe das ideais, dependem de uma real conscientização de todos seus habitantes, de que a produção de alimentos e bens de consumo, não podem colocar em risco a disponibilidade destes recursos naturais, para esta, e para as futuras gerações.

O objetivo de toda empresa é obter o maior retorno possível sobre o capital investido, desta forma, utiliza-se dos recursos disponíveis para conquistar parcelas do mercado consumidor, e ficar a frente da concorrência. Entretanto, face as mudanças atualmente em curso no mundo, além dos aspectos econômicos as empresas precisam se preocupar também, com os aspectos ambientais e sociais. Os processos produtivos devem ser modificados para tornar as empresas mais eficientes, para minimizar o uso dos recursos naturais, reduzir e eliminar qualquer tipo de poluição. Os passivos ambientais devem ser eliminados (CORAL et al. 2003).

A revolução industrial que deu origem ao capitalismo moderno expandiu extraordinariamente as possibilidades de desenvolvimento material da humanidade. E continua expandindo-as até hoje, se bem que a um custo elevadíssimo. A partir de meados do século XVIII, destruiu-se mais a natureza que em toda a história anterior. Se os sistemas industriais alcançaram o apogeu de sucesso, tornando-se capazes de criar e acumular vastos níveis de capital produzido pelo homem, o capital natural, do qual depende a prosperidade econômica da civilização, vem declinando rapidamente, sendo que o índice de perdas cresce na mesma proporção dos ganhos em termos de bem estar material. O capital natural compreende todos os recursos usados pela humanidade: a água, os minérios, o petróleo, as árvores, os peixes, o solo, o ar etc. Mas também abrange os sistemas vivos, os quais incluem os pastos, as savanas, os mangues, os estuários, os oceanos, os recifes de coral, as áreas ribeirinhas, as tundras e as florestas tropicais. Estes estão deteriorando em todo o mundo num ritmo sem precedente. No interior de tais comunidades ecológicas acham-se os fungos, as lagoas, os mamíferos, o húmus, os anfíbios, as bactérias, as árvores, os insetos, os pássaros, as samambaias, as estrelas do mar e as flores, que possibilitam a vida, e fazem com que valha a pena habitar este

planeta. Quanto mais pessoas e empresas sobrecarregam os sistemas vivos, tanto mais os limites de prosperidade passam a ser determinado pelo capital natural, e não pela capacidade industrial (PAUL HAWKEN et al. 1999).

Azevedo (2006) ressalta que apesar de muitas empresas demonstrarem em seus planejamentos que sempre procuraram incluir a proteção ambiental, a maioria das empresas manteve suas políticas voltadas apenas para os ganhos econômicos, com posturas predatórias em relação à natureza.

As diferenças entre empresas voltadas apenas para os aspectos econômicos e as empenhadas na busca da sustentabilidade estão detalhas na Tabela 1.

Tabela 1 – Resumo comparativo entre competitividade e sustentabilidade

COMPETITIVIDADE	SUSTENTABILIDADE
Baseada em fatores econômicos e operacionais	Baseada em fatores econômicos, sociais e ecológicos
Visão de mundo restrita - empresa contra forças competitivas	Visão de mundo mais ampla - parcerias para obter vantagem competitiva
Legislação ambiental = aumento dos custos de produção	Legislação ambiental = promoção da inovação
Uso de tecnologias de produção tradicionais	Uso de tecnologias limpas de produção
Questões do meio ambiente natural geralmente vistas como ameaças	Questões do meio ambiente natural geralmente vistas como oportunidades
Foco na redução de custos e eficiência operacional	Foco na inovação
Individualista	Cooperação

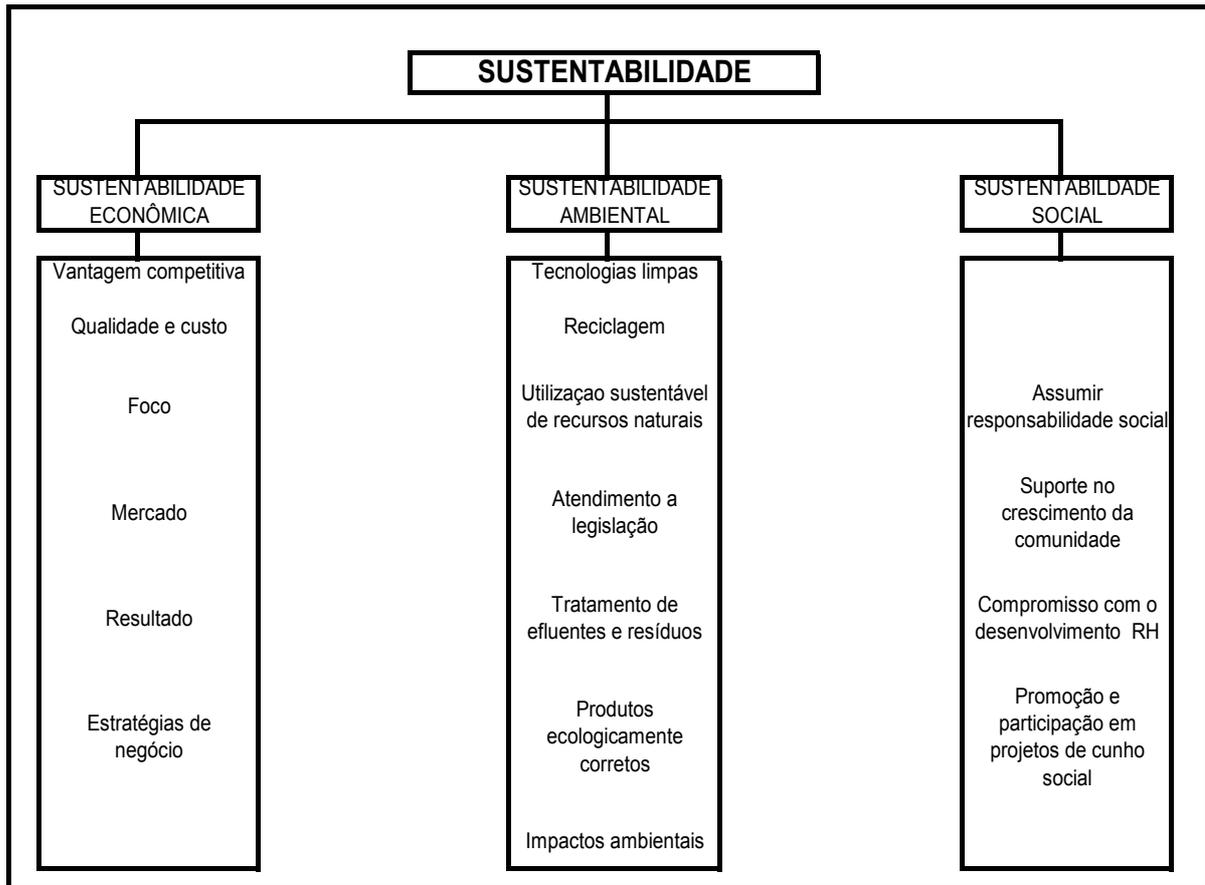
Fonte: Mendonça et al., 2006 p.5

Uma empresa competitiva foca suas atividades olhando os fatores econômicos e operacionais, não abordando adequadamente os fatores sociais e ambientais; vêem outras empresas como ameaças ao seu negócio; tem na legislação ambiental uma barreira que provoca aumento nos custos de produção; a atividade industrial é orientada para a redução de custo não investindo em novas tecnologias que propiciam menores impactos ambientais e também menores custos operacionais no médio e longo prazo, tem uma atividade mais individualizada deixando de lado as associações.

Porém uma empresa que tem por objetivo a manutenção das suas atividades por tempo indeterminado alicerça suas atividades em fatores econômicos, sociais e ambientais, além de promover um equilíbrio entre estes fatores; outras empresas são vistas como parceiras e aliadas para reduzir custos e impactos ambientais, onde o rejeito de uma empresa pode ser usado com matéria prima no processo produtivo na empresa parceira; usa a legislação ambiental como forma de encontrar caminhos que permitem a inovação de processos produtivos, como o uso de tecnologia limpa de produção, aprimoramento de processos de logística e distribuição.

O conceito do tripé da sustentabilidade (econômico, ambiental e social) tornou-se amplamente conhecido entre as empresas, sendo uma ferramenta conceitual útil para interpretar as interações extra-empresariais e mostrar a importância de uma visão da sustentabilidade de forma mais ampla, além de uma mera sustentabilidade econômica.

Coral et al. (2002) relatam que quando a empresa consegue fazer a ligação do benefício ambiental e social com uma demanda de mercado, oferecendo características que são percebidas pelos consumidores como valor agregado, tem maior probabilidade de melhorar o retorno econômico e conseguir vantagens competitivas, que poderá ser mantida caso seus concorrentes não consigam imitar o seu produto ou serviço. Por isso, a criatividade e inovação são fundamentais para atingir a sustentabilidade. A Figura 1 detalha o modelo de sustentabilidade empresarial.



Fonte: Coral, 2002, p. 129

Figura 1 - Modelo de sustentabilidade empresarial

Mendonça et al. (2006) também destacam que dentro dos princípios da sustentabilidade, não se podem separar as questões sociais das questões ambientais. Quando uma organização é ecologicamente sustentável, ela também estará atuando de forma socialmente responsável, para atender os interesses de todos os *stakeholders* que afetam ou são afetados por suas atividades.

2.1.2 Indicadores de Sustentabilidade

Indicadores são instrumentos que permitem mensurar as modificações nas características de um sistema, possibilitando assim avaliar ao longo do tempo se as alterações ocorridas nas características do sistema estão ocorrendo de acordo com o esperado.

É importante destacar que as empresas devem divulgar seus dados em relação a suas ações voltadas para a sustentabilidade sob a forma de indicadores, e que eles sejam passíveis de comparação. Para tanto, deve haver uma padronização dos indicadores divulgados pelas empresas, e estes devem ter características específicas para que seja possível avaliar as práticas empresariais segundo os preceitos do desenvolvimento sustentável (AZEVEDO, 2006).

Deponti et al. (2002) descrevem algumas características que o indicador deve ter:

Ser significativo para a avaliação do sistema;

Ter validade, objetividade e consistência;

Ter coerência e ser sensível a mudanças no tempo e no sistema;

Ser centrado em aspectos práticos e claros, fácil de entender;

Permitir enfoque integrador (fornecer informações condensadas sobre vários aspectos do sistema);

Ser de fácil mensuração;

Permitir ampla participação de todos os envolvidos na sua definição;

Permitir a relação com outros indicadores, facilitando a interação entre eles.

Porém, a medida ou o levantamento quantitativo de um dado pode não representar crescimento, estagnação ou decréscimo. O dado passará a ter significado apenas se referido a

parâmetros. Os parâmetros são limites idealizados por seus propositores que representam o nível ou a condição em que o sistema deva ser mantido para que seja sustentável.

Como exemplo de um indicador de sustentabilidade pode-se citar a “Pegada Ecológica”, que avalia a necessidade de recursos naturais – energia, terra, água, ar - para sustentar o consumo e o estilo de vida de uma população ou segmento desta. Calcula-se uma pegada ecológica somando-se os fluxos de material e energia requeridos para sustentar uma economia ou parte específica desta economia. Tais fluxos são convertidos em medidas padrão da produção do que se exige dos recursos naturais. Pegada é a superfície total de terra necessária para sustentar determinada atividade ou produto (WACKERNAGEL e REES apud CASAGRANDE, 2006). A Pegada Ecológica é um dos indicadores de sustentabilidade da maior empresa hoje conhecida: O Planeta Terra.

2.1.3 Indicadores de Sustentabilidade - Roteiro de Discussão

Segundo Sanches (2000) as empresas estão desenvolvendo novas formas de lidar com os problemas ambientais. A adoção de uma atitude pró-ativa face estes problemas pode auxiliar, em muito a eliminação dos mesmos. Para auxiliar na identificação das oportunidades para eliminar problemas ambientais, está sendo proposto um roteiro de discussão, segmentado por etapas dentro do ciclo de produção.

2.1.3.1 Para Produto:

Redução do impacto ambiental durante todo o ciclo de vida do produto - da extração da matéria prima até a disposição final do produto;

Desenvolvimento de novos produtos para novos mercados;

Exemplo: Álcool como combustível, ou biodiesel.

Resíduos sendo transformado em outro produto;

Exemplo: mourão de plástico feito com hastes de cotonetes recicladas.

Desenvolvimento de produtos com atributos ambientais;

Exemplo: plásticos e detergentes biodegradáveis.

Desenvolvimento produtos com baixo nível de toxicidade.

Exemplo: solventes em adesivos substituídos por soluções em base aquosa.

2.1.3.2 Para Processo:

Conservação de energia;

Redução no uso de matérias primas;

Eliminação de matérias primas e produtos tóxicos no processo;

Redução de emissões;

Redução na toxicidade das emissões e de resíduos antes de deixarem o processo;

Redução no nível de ruído na fábrica e vizinhança;

Reduzir, reutilizar e reciclar;

Reduzir a emissão de efluentes.

2.1.3.3 Para Social:

Melhoria nas condições de segurança de uma planta;

Como exemplos podem ser citados o acidente da usina nuclear localizada em Tchernobil, ou surgimento do buraco nas obras de ampliação do metrô na linha amarela em São Paulo.

Estabelecimento de um diálogo aberto com a vizinhança;

Melhoria nas condições de segurança do trabalhador;

Acidentes com trabalhadores em minas de carvão prejudicam a imagem da empresa na comunidade onde vivem os trabalhadores afetados pelo acidentes, ou eventualmente pelas más condições de segurança da empresa.

Estabelecimento de um canal aberto de comunicação com organismos governamentais, ONG's e comunidade;

Apoiar projetos sociais e auxiliar no desenvolvimento da comunidade.

De todos os insumos que o homem moderno extrai da natureza a energia é o um dos mais importantes. Por décadas seu consumo vem crescendo significativamente (UDAETA et al. 2004). Ela – a energia - é usada em processos produtivos, nos vários meios de transporte, para aquecimento e refrigeração. O uso de combustíveis fósseis vem aumentando juntamente com a necessidade homem do pela energia, e o uso indiscriminado deste tipo de combustível é responsável pelo aumento das emissões antrópicas de CO₂ nas últimas décadas (POOLE et al. 1998).

No Brasil, o setor industrial é o maior consumidor de recursos naturais, a Tabela 2 mostra o consumo final de energia, segmentado por setores econômicos, mostra também a evolução do consumo de energia nos anos de 2006 e 2007.

Conforme dados do Ministério das Minas e Energia (2008), em 2007 o consumo de energia pelo setor industrial representou 40,6% do total da energia consumida no país, mantendo-se no mesmo patamar do ano anterior em termos percentuais (40,7%). O setor de transportes vem em segundo lugar com um percentual de 28,3% do total de energia consumida no país. O setor de transporte e o setor industrial estão intimamente relacionados, pois o setor de transportes é o meio pelo qual as matérias primas chegam até as fábricas, e depois de processados, é através deste mesmo segmento que os produtos manufaturados chegam até o mercado consumidor. A energia consumida por estes dois setores – industrial e transportes – representam 68,9% do total da energia consumida no país.

Tabela 2 – Consumo de energia por setores da economia brasileira

SETOR	2007	2006	VARIAÇÃO %
INDUSTRIAL	81752	76757	▼ 6,5
TRANSPORTES	56894	53270	▼ 6,8
RESIDENCIAL	22601	22090	▼ 2,3
ENERGÉTICO ¹	21478	18823	▼ 14,1
AGROPECUÁRIO	9104	8550	▼ 6,5
COMERCIAL	5893	5545	▼ 6,3
PÚBLICO	3494	3453	▼ 1,2
TOTAL	201216	188574	▼ 6,7

Fonte: **MME, 2008**

1 - Agrega os centros de transformação e/ou processos de extração e transporte interno de produtos energéticos na sua forma final

Portanto, ações direcionadas aos setores industrial e de transportes, com objetivo de reduzir o consumo de energia, melhorar a eficiência energética, além de diminuir a pressão na necessidade de oferta de energia primária, pode trazer benefícios significativos, tanto do ponto de vista ambiental pela redução nas emissões de GEE, como também econômico, em função do menor desembolso a ser pago pela energia consumida.

Assim, este trabalho enfocará a sustentabilidade da indústria, com foco na necessidade por consumir energia elétrica nas várias etapas do processo produtivo, além de destacar alguns impactos que deste consumo de energia provoca no meio ambiente.

2.2 ENERGIA

No início o homem dependia exclusivamente das fontes naturais de energia. Os animais eram usados para o transporte pessoal e de carga, eram também a força motriz dos rudimentares implementos agrícolas da época. Nossos antepassados retiravam da madeira das florestas o material necessário para a construção dos abrigos, a energia para aquecimento e preparação dos alimentos.

Posteriormente, com o advento da Revolução Industrial, iniciada na Inglaterra em meados do século XVIII, que expandindo-se pelo mundo a partir do século XIX, passou-se a utilizar a energia dos combustíveis fósseis, e desde então seu uso vem intensificando-se. Após a Revolução Industrial a energia passou a ser um insumo básico em toda a cadeia produtiva e também passou a ser utilizada em outras aplicações como movimentação e acionamento de implementos agrícolas, no transporte de pessoas, de produtos manufaturados, e em todo tipo de comunicação – telefone fixo e móvel, fax, internet - depende-se também da energia para atender necessidades básicas, como iluminação, aquecimento, lazer.

Atualmente os músculos dos seres humanos contribuem com menos de 1% do trabalho realizado nos países desenvolvidos, e os bens e serviços atualmente disponíveis dependem cada vez mais dos combustíveis fósseis, como o petróleo, carvão e o gás natural. Durante décadas a prosperidade das nações foi sustentada por estes recursos que eram tidos até então como inesgotáveis. Atualmente o cuidado com o meio ambiente faz com que estes recursos sejam usados de uma forma mais racional, mas infelizmente não por toda a humanidade (WALISIEWICZ, 2007).

Hoje o consumo de combustível está intimamente relacionado ao nível de desenvolvimento de uma nação ou região. Segundo Goldemberg (1998) na maioria dos países, onde o consumo de energia comercial *per capita* está abaixo de uma tonelada equivalente de petróleo (tep) por ano, as taxas de analfabetismo, mortalidade infantil e fertilidade total são altas, enquanto a expectativa de vida é baixa. Ultrapassar a barreira de 1 tep / *per capita* parece ser, portanto, essencial para o desenvolvimento. À medida que, o consumo de energia comercial *per capita* aumenta para valores de 2 tep, ou mais, como é o caso dos países desenvolvidos, as condições sociais melhoram consideravelmente. Porém os países em desenvolvimento não podem pensar em atingir este patamar, sem respeitar as limitações imposta pelo meio ambiente, a exemplo do que ocorreu com os países desenvolvidos, uma vez que os danos ambientais seriam imensos.

O levantamento realizado pelo Programa de Racionalização de Uso dos Derivados do Petróleo e Gás Natural (CONPET) mostra que o consumo médio anual de energia nos Estados Unidos e Canadá é da ordem de 8 tep / *per capita*, enquanto que para os países da União Européia, o consumo *per capita* é de 4 tep. Não se pode afirmar que os países da União Européia apresentem um nível de vida inferior ao dos americanos e canadenses. Faz-se necessário uma adequação urgente no modo de vida e das necessidades, aos recursos disponíveis na natureza, para que as discrepâncias acima mencionadas venham ser rapidamente reduzidas.

De acordo com os dados mencionados, o Brasil é considerado um país desenvolvido neste setor, pois a média de consumo de energia *per capita* anual é de 2,5 tep. Entretanto, a distribuição do consumo destes energéticos no país é feita de forma desigual, onde a população de baixa renda não tem o mesmo acesso a serviços de eletricidade, água, esgoto, saúde e educação, como outras camadas mais privilegiadas da população.

Com o desenvolvimento das sociedades, o consumo mundial de energia cresce alavancado pela evolução do conhecimento nas mais diversas áreas, gerando melhores condições materiais como alimentação, saúde, ensino, moradia e transporte. A evolução dos fatores que tendem a aumentar a expectativa de vida, somados a redução da mortalidade infantil ocasionou o crescimento populacional.

Aliados a este crescimento populacional observam-se novas formas de organizações produtivas e sociais, consumidoras de energia, que surgem acompanhando a evolução do conhecimento, e esta combinação de fatores explicam o atual consumo mundial de energia.

Na Tabela 3 tem-se a evolução do consumo de energia no Brasil no período de 1970 a 2005 em toneladas equivalentes de petróleo, segmentada pelos vários setores consumidores de energia.

No país quantidade de energia consumida é sempre crescente, prova disso são os dados do Ministério da Minas e Energia (2006), onde o consumo final de energia no Brasil para um período de 25 anos cresceu 315%, enquanto que o crescimento populacional no mesmo período foi de 97,8%. Estes dados mostram que o crescimento do consumo de energia superou o crescimento populacional em mais de três vezes. Outro ponto a ser destacado neste levantamento é o consumo do setor energético, com uma evolução de 1037,5%, e foi o setor que mais cresceu no período deste levantamento (MME, 2006).

Tabela 3 – Evolução do consumo de energia por setor no Brasil

								%
CONSUMO FINAL NÃO ENERGÉTICO	10 ³ tep	1471	5641	10014	14293	12976	13222	798,8
SETOR ENERGÉTICO	10 ³ tep	1551	5873	12042	12847	16442	17643	1037,5
RESIDENCIAL	10 ³ tep	22076	20957	18048	20688	21357	21827	-1,1
COMERCIAL E PÚBLICO	10 ³ tep	1267	2952	4668	8210	8461	8903	602,7
AGROPECUÁRIO	10 ³ tep	5351	5752	6027	7322	8276	8358	56,2
TRANSPORTES	10 ³ tep	13192	25715	32964	47385	51469	52459	297,7
INDUSTRIAL TOTAL	10 ³ tep	17198	37491	43523	61204	72217	73496	327,4

Fonte: MME, 2006

2.2.1 Classificação das Fontes de Energia

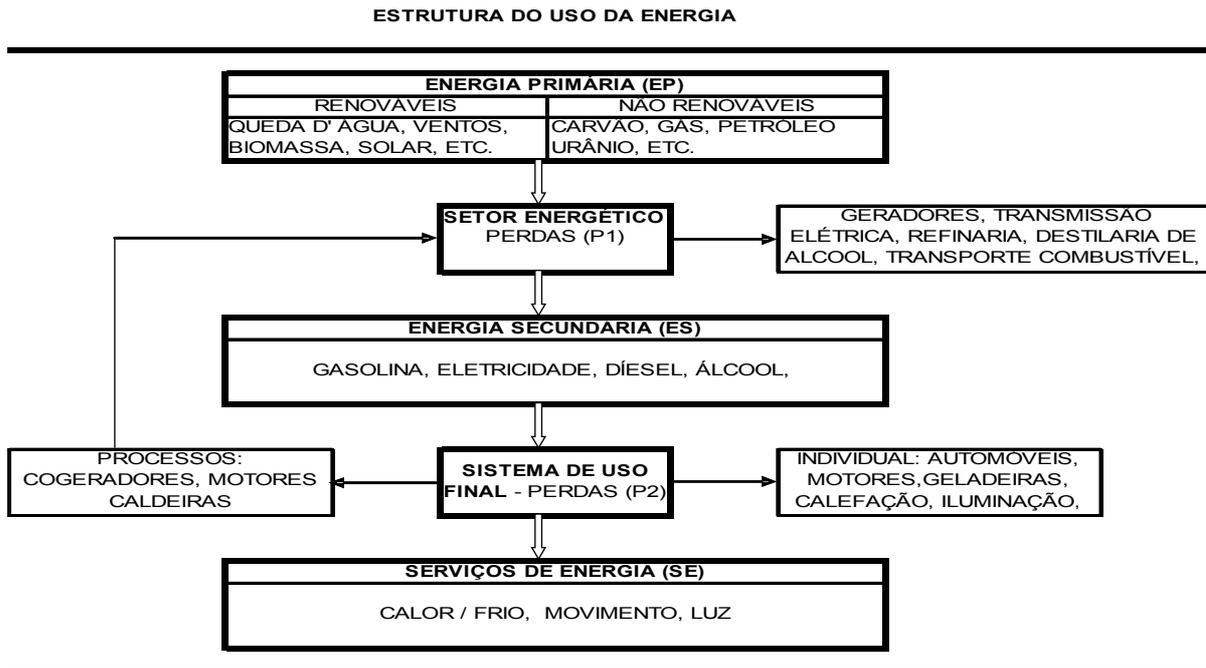
As fontes primárias de energia são os produtos providos pela natureza na sua forma primitiva, como o petróleo, gás natural, carvão mineral, energia solar, energia eólica, energia hidráulica, e resíduos vegetais e animais (MME, 2006).

As fontes primárias de energia são processadas em centros de transformação, para uma forma que possa ser facilmente transportada e ainda estar pronta para o consumo, depois de passar por esta etapa de transformação a energia passa a ser classificada como fonte secundária de energia. Os centros de transformação são refinarias de petróleo, plantas de gás natural, usinas de gaseificação, coquearias, ciclo de combustível nuclear, centrais elétricas de serviço público e autoprodutoras, carvoarias e destilarias (MME, 2006).

Na fase final as fontes secundárias de energia são novamente transformadas nos sistemas de uso final, onde estas energias são convertidas em iluminação, movimento, aquecimento ou refrigeração, dependendo da finalidade do sistema de uso final.

As fontes de energia desde a sua forma primária, até estar pronta para uso na conversão final, passam por vários processos de transformação, e durante estas etapas ocorrem perdas, que são frutos da eficiência dos processos e ou equipamentos usados nestas etapas de transformação.

A Figura 2 representa as várias etapas do processo de transformação das fontes primárias de energia nas suas várias formas, até ser utilizada pelos consumidores finais.



Fonte: Poole et al, (1998)

Figura 2 – Estrutura do uso da energia

A Primeira Lei da Termodinâmica diz que a energia não pode ser criada ou destruída, assim sendo, a passagem da energia da sua forma primária para secundária, ou ainda durante a transformação da energia pelo consumidor final, a energia está mudando de uma forma para outra

Além do processo de conversão de energia não ser 100% eficiente, pode-se ter ainda outros rejeitos que são jogados na natureza, como resíduos de refinarias, emissões de GEE, ou até mesmo o aquecimento do ar pela emissão dos gases oriundos da combustão que saem dos escapamentos das máquinas térmicas, uma vez que esta exaustão ocorre a uma temperatura superior a temperatura do ar atmosférico.

Para ter a exata dimensão do funcionamento da cadeia de transformação energética desde sua forma primária, até estar pronta para o uso final, Walisiewicz (2007) mostra o exemplo de uma lâmpada incandescente acesa com energia elétrica proveniente de uma usina movida a carvão; onde o carvão queimado é convertido em eletricidade, sendo que a eficiência deste processo de conversão é de aproximadamente 50%. A energia resultante é

conduzida através da rede de transmissão de energia elétrica e neste processo a perda é de 10%, e a lâmpada incandescente convencional converte eletricidade em luz com um aproveitamento de 5%. A eficiência de todo o processo de iluminação com uma lâmpada incandescente, com energia proveniente de uma termoelétrica a carvão está por volta de 2%.

O processo descrito anteriormente tem eficiência total muito baixa (2%), e é com este foco – aumentar a eficiência dos processos de uso de energia elétrica na indústria - que as ações deste trabalho foram direcionadas. Ao adotar este modelo de uso eficiente da energia, usam-se menos recursos naturais, como os combustíveis fósseis, ou até mesmo a água dos reservatórios das hidroelétricas, e com isso, o custo final de produção também diminui. Este ciclo – uso eficiente da energia - deve ser repetido tantas vezes quantas forem necessárias para que a sustentabilidade possa ser atingida. Além disso, o uso eficiente dos recursos energéticos tem também outro grande benefício ambiental a redução das emissões de CO₂.

Segundo Goldemberg et al. (2007) os padrões atuais de produção e consumo de energia no mundo, são baseados nas fontes fósseis, o que gera grandes emissões de gases poluentes, é preciso mudar esses padrões com o estímulo ao uso de energia renovável.

A Tabela 4 ilustra mostra a distribuição percentual das diversas fontes de energia primária, e da energia total consumida no Brasil e no mundo em 2003.

Os dados apresentados na Tabela 4 indicam que o Brasil está em uma condição bastante favorável face os demais países, uma vez que a dependência de energia proveniente das fontes não renováveis está próxima das oriundas de fontes renováveis. O Brasil consome anualmente 58,7% de combustíveis originários de fontes não renováveis, já este percentual para o resto do mundo é mais elevado, e situa-se ao redor de 86,6%, isto se deve ao fato da matriz energética brasileira ter como um dos seus pilares fontes renováveis de energia.

Enquanto que no Brasil, 41,3 % da necessidade energética é suprido por fontes renováveis de energia, o resto do mundo tem sua necessidade atendida com apenas 14,4% de

fontes renováveis. A avaliação do consumo das fontes renováveis mostra que, o percentual de utilização da biomassa tradicional no Brasil é o dobro do observado para o resto do mundo. Para a hidráulica convencional esta diferença é ainda maior e o fornecimento desta fonte de energia primária é sete vezes superior ao do resto do mundo. O mesmo fato se repete para a moderna biomassa onde a oferta brasileira é quase 6 vezes a do resto do mundo.

Nota-se, porém, uma completa inversão nos valores ao se analisar os números das modernas formas de energia renovável – solar, eólica, fotovoltaica – onde a oferta deste tipo de energia primária no resto do mundo é 17 vezes maior que a disponível no Brasil. Como estes dados são de 2003 e os investimentos nestas áreas continuam de forma maciça esta diferença atualmente pode estar ainda maior (GOLDEMBERG et al. 2007).

Tabela 4 – Distribuição da energia primária no Brasil e no Mundo

Tabela 1
Energia primária no Brasil e no mundo em 2003,
total e parcelas conforme dados da Agência Internacional de Energia (IEA)

Energia primária				Brasil	Mundo
Total, bilhões de tep				0,193	10,7
Participação das fontes (%)	Não-renováveis	Fósseis	Petróleo	43,6	35,3
			Gás natural	6,6	20,9
			Carvão	6,8	24,1
		Nuclear	1,8	6,4	
		Subtotal			58,7
	Renováveis	Tradicionais	Biomassa tradicional	19,0	9,4
			Convencionais	Hidráulica	15,3
		Modernas, "novas"	Biomassa moderna	6,9	1,2
			Outras: solar, eólica etc.	< 0,1	1,7
		Subtotal			41,3

Fonte: **Agência Internacional de Energia**, 2003; **GOLDEMBERG et al.**, 2007

2.2.2 Fontes de Energia

As fontes primárias de energia são divididas em fontes de energia não renovável de origem fóssil, e neste grupo estão o petróleo, o carvão e o gás natural. Outro tipo de energia primária não renovável é a energia nuclear. Outra fonte primária de energia é constituída pelas energias renováveis, e neste grupo podem ser citadas a biomassa, eólica, solar, hidráulica, geotérmica, maré-motriz.

Na Tabela 5 a oferta interna de energia no Brasil está dividida em fontes de energia não renováveis e renováveis, sendo que os dados são relativos aos anos de 2006 e 2007, onde é possível comparar a evolução no consumo destes energéticos neste período.

Segundo dados do MME (2008) houve um crescimento de 5,9% na oferta interna de energia no Brasil. Como o crescimento da economia foi de 5,4%, conforme dados do IBGE, esta maior oferta de energia superando o crescimento da economia pode sugerir um aumento na eficiência do uso da energia, semelhante fato pode estar ocorrendo com a energia elétrica desde o apagão de 2001, pois a partir deste evento, equipamentos e dispositivos mais eficientes foram oferecidos ao mercado, como lâmpadas fluorescentes compactas, geladeiras de baixo consumo, sistemas eficientes para ar comprimido, de motores de alto rendimento.

A oferta interna de energia atingiu 239,4 milhões de tep, sendo 128,3 tep de energia não renovável (53,6%), e 111,0 tep de energia renovável (46,4%), em 2006 este percentual era de (44,9%). O crescimento da energia não renovável foi de 3,1%, muito aquém do 9,4% observados para a energia renovável.

O petróleo e seus derivados permanecem na liderança da oferta de energia com 87,9 tep (36,7 %). Sendo que a cana-de-açúcar passa a ser a segunda fonte de energia mais

importante na Matriz Energética Brasileira (MEB) com 38,4 tep (16,0%), um ponto importante a ser destacado neste quadro de oferta de energia nacional é o crescimento verificado para os produtos de cada de açúcar que foi de 17,1% no ano de 2007, este excelente desempenho fez com que a eletricidade proveniente de fontes hidráulicas passasse para a terceira posição na matriz energética nacional.

Tabela 5 – Oferta Interna de Energia no Brasil

milhões de tep

OFERTA INTERNA DE ENERGIA

ENERGÉTICO	2007	2006	VARIAÇÃO %
OFERTA TOTAL	239,4	225,9	5,9
ENERGIA NÃO RENOVÁVEL	128,3	124,4	3,1
PETRÓLEO E DERIVADOS	87,9	85,5	2,8
GÁS NATURAL	22,3	21,6	3,0
CARVÃO MINERAL E DERIVADOS	14,8	13,6	8,6
URÂNIO (U ₃ O ₈) E DERIVADOS	3,3	3,7	(9,9)*
ENERGIA RENOVÁVEL	111,0	101,5	9,4
PRODUTOS DE CANA DE AÇUCAR	38,4	32,8	17,1
ENERGIA HIDRÁULICA E ELETRICIDADE	35,3	33,4	5,6
LENHA E CARVÃO VEGETAL	29,9	28,6	4,6
OUTRAS FONTES RENOVÁVEIS	7,5	6,7	11,8

Fonte: **MME 2008**

* valores () representam números negativos

2.2.3 Fontes Renováveis de Energia

Para o Brasil duas formas renováveis de energia merecem destaque; a hidráulica e a biomassa. A hidráulica em função do grande número de usinas de origem hidráulica atualmente em operação, além do vasto potencial hídrico ainda não explorado. A energia proveniente da biomassa é outra forma que deve ser citada, pois além das dimensões continentais do país, têm-se ainda excelentes condições edafoclimáticas, para produção em larga escala de biomassa.

2.2.3.1 Grandes Empreendimentos de Energia Hidráulica

Hoje o Brasil produz 8,5% de toda eletricidade gerada no mundo oriunda de usinas hidrelétricas, apenas China e Estados Unidos possuem parques hidrelétricos maiores que o brasileiro (TOLMASQUIM, 2005).

Segundo Schaeffer (2008) o crescimento da geração de eletricidade nos últimos 25 anos no Brasil, foi de 4,2% ao ano, sendo a energia de origem hidrelétrica a que sempre prevaleceu, devido a grande disponibilidade de recursos hídricos.

A capacidade instalada de hidreletricidade no país é de cerca de 70.000 MW (megawatts), sendo que existem em operação 433 usinas hidrelétricas. Dessas, 23 têm capacidade maior do que 1.000 MW e representam mais de 70% da capacidade total instalada. Existe ainda um potencial considerável – cerca de 190.000 MW ainda não utilizados, principalmente na região da Amazônia. O uso deste potencial hoje pode representar um custo elevado com transmissão, pois os grandes mercados consumidores estão na região sudeste, longe das fontes geradoras de energia. (GOLDEMBERG e LUCON, 2007) .

Como exemplos destes grandes potenciais ainda não explorados podem ser citados as usinas no Rio Madeira com 6.450 MW e investimentos de R\$ 20 bilhões, além da usina de Belo Monte com 11.000 MW, e investimentos de R\$ 7,5 bilhões (SACKS, 2007).

Outro modo para aumentar a oferta de energia proveniente de fonte hídrica, está na reforma das usinas mais antigas. O custo de produção de 1 kW em uma usina hidrelétrica é de aproximadamente US\$ 1.000, ao passo que se pode reformar grandes usinas construídas há mais de vinte anos a um custo que varia de US\$ 100 à US\$ 300 por kW instalado. Caso estas usinas construídas há mais de 20 anos com capacidade instalada situadas na faixa de 1.000 à 8.000 MW passassem por um processo de atualização o sistema de geração de energia elétrico brasileiro teria sua capacidade aumentada em 32.000 MW.

Demanboro (2006) destaca que o modelo de produção de energia elétrica brasileiro está alicerçado em grandes empreendimentos, que necessitam de somas vultosas de investimento e com isso a construção, produção e distribuição de energia estão concentradas em grandes operadoras e em grandes investidores. Em situações como esta, o preço praticado para a energia, pode não ser equiparado ao preço praticado onde o livre mercado determina as relações comerciais. Também aborda a necessidade da incorporação dos reais custos ambientais nos empreendimentos hidrelétricos de grande porte como forma de comparar adequadamente o custo da energia gerada nestes grandes projetos aos custos da energia dos empreendimentos sustentáveis descentralizados que ainda tem a vantagem de propiciarem menores custos na transmissão da energia gerada.

Grandes empreendimentos hidrelétricos além da geração de energia possibilitam o acúmulo de grandes volumes de água no reservatório que podem ser utilizadas nos períodos de estiagem, realizando assim outra importante função que é o controle das vazões naturais do rio. Porém os impactos ambientais quando da sua implantação nem sempre são desprezíveis (TOLMASQUIM, 2005).

Ainda abordando os impactos da hidreletricidade no meio ambiente, Bermann (2007) destaca os principais problemas relacionados aos grandes empreendimentos para geração de energia:

Alteração do regime hidrológico, comprometendo as atividades a jusante do reservatório;

A baixa mobilidade das águas do reservatório dificulta a decomposição dos rejeitos e efluentes, afetando a qualidade da água;

Falta de controle na ocupação territorial das margens do lago, provocam assoreamento dos reservatórios;

Decomposição da matéria orgânica submersa, gera emissão de metano;

Sobrepessão sobre o solo e subsolo na área do reservatório causada pelo peso da água represada, em áreas com condições geológicas desfavoráveis, provocando sismos induzidos;

Proliferação de vetores transmissores de doenças endêmicas, nas áreas de remansos dos reservatórios;

Dificuldades para assegurar o uso múltiplo das águas, em razão do caráter histórico de priorização da geração elétrica, em detrimento dos outros possíveis usos como; irrigação, piscicultura, lazer, entre outros.

2.2.3.2 Energia de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH's)

As pequenas centrais hidrelétricas são excelentes alternativas na obtenção de energia de origem hídrica, com menores impactos ambientais.

Segundo classificação da Agencia Nacional de Energia elétrica ANEEL (2005) as pequenas centrais elétricas podem gerar até trinta MW de potência e ter um reservatório de no máximo três Km².

O Brasil tem larga experiência no projeto, construção e operação de usinas de pequeno porte. Atualmente estão em operação 338 unidades de PCH's, que produzem 2608 MW, existem ainda outras 63 usinas em construção, com capacidade prevista de geração de 1049 MW, além de outros 166 empreendimentos outorgados, cuja construção ainda não foi iniciada, que serão responsáveis pela geração de 2284 MW (ANEEL, 2005).

Também para as PCH's existem oportunidades de aumento no potencial de geração de energia por meio da recapacitação de antigas centrais. A recapacitação de centrais construídas sem dados hidrológicos confiáveis e com equipamentos pouco eficientes, fabricados com limitações tecnológicas podem aumentar a geração de energia. Há no país cerca de 427 centrais desativadas que após reforma podem agregar 156 MW ao parque gerador (TOLMASQUIM, 2005).

A usina de Isabel construída em 1915 na Serra da Mantiqueira, no município de Pindamonhangaba, tem uma queda bruta de 931 metros, uma das maiores do mundo, possui

duas turbinas Pelton, que somam 2,64 MW instalados, que é um exemplo de PCH a ser reativada brevemente.

Ainda segundo a ANEEL (2005) uma das muitas vantagens destas pequenas centrais hidroelétricas, é que não é preciso a realização de obras significativas nos rios onde operam, pois elas aproveitam a topografia do rio, com isso, evitam alagamento de grandes áreas para a formação do reservatório e deixam de provocar alterações nos cursos dos rios.

Outra grande vantagem na adoção de geração de energia tendo como base as PCH's, é que estes sistemas ficam próximos dos centros consumidores, sendo que, o custo de distribuição é menor que o das grandes usinas. Nas PCH's, as curvas de geração de energia e consumo caminham juntas, porém o mesmo não ocorre nos grandes empreendimentos hidroelétricos que ao entrar em operação, passam a disponibilizar um excedente na oferta de energia.

Outra contribuição que as PCH's trazem ao meio ambiente é função de seus reservatórios que ficam espalhados por uma determinada bacia hidrográfica e funcionarem como amortecedores de cheias.

2.2.3.3 Energia de Biomassa

A biomassa pode ser classificada em dois tipos: de origem vegetal e de origem animal. O material proveniente das florestas plantações e resíduos agroindustriais fazem parte do primeiro grupo. No segundo grupo estão incluídos os dejetos de animais criados de forma intensiva, os esgotos e lixos gerados nas cidades que podem gerar o biogás e que depois de tratados estão disponíveis para geração de energia usados diretamente em aquecimento, ou ainda, servindo também como combustível para motores de combustão interna (UDAETA et al. 2004).

Ainda segundo Udaeta et al. (2004) são grandes os recursos mundiais de biomassa e estão disponíveis várias técnicas para produção eficiente em escala comercial, apesar disso, alguns países não desenvolvidos, continuam a explorar estes recursos de uma forma inadequada, tanto do ponto de vista econômico, quanto ambiental. A produção de álcool a partir da cana de açúcar é um exemplo do que pode ser feito com tecnologia e recursos adequados.

Ao consumir biocombustíveis, quer o etanol produzido a partir da cana como aqui no Brasil, ou o milho produzido nos Estados Unidos, ou até mesmo o biodiesel que é obtido a partir da mamona, da palma ou do dendê, deve-se ter sempre em mente que para qualquer volume de produção que precise ser atingido no atendimento das necessidades de mercado, não pode ser colocado em risco a segurança alimentar, ou ver aumentada as áreas desmatadas sob o pretexto da produção de um combustível não poluente. Deve-se sempre pensar em todo o ciclo de vida do produto, desde a fase de preparo da terra até o destino final do produto, pois apesar da bioenergia ser uma alternativa ao petróleo e contribuir para a redução das emissões dos gases de efeito estufa, a cadeia produtiva como um todo, pode ocasionar impactos negativos ao meio ambiente, fazendo com que o balanço final seja negativo. Exemplificando, a produção de óleo de dendê na Indonésia e na Malásia, foi importada pela Holanda para ser usada como combustível. Estudos recentes mostraram que esta operação havia provocado um desastre ambiental, com a destruição de florestas nativas para abrir caminho para a plantação de palma e drenagem dos solos pantanosos recobertos de turfa, com a conseqüente emissão do carbono (SACKS, 2007).

Ainda segundo Sachs (2007) é chegada a hora da decisão, com a criação de um país melhor a partir da Civilização da Biomassa, que atende as necessidades industriais, de suprimento de energia e alimenta as cidades. A Civilização da Biomassa permite atacar um

dos grandes problemas do século, o maior, o mais difícil, o problema social por excelência, a questão da fome, do emprego, do trabalho decente para todos e, dentro deste tema, a questão de um futuro melhor para mais de 2 bilhões de pequenos agricultores e suas famílias no mundo, no Brasil este contingente é composto por mais de 4,2 milhões de pessoas. É um absurdo pensar no futuro desse século sem ver que o problema do desenvolvimento rural continua a ser um problema crucial, não dá para continuar jogando essa gente nas favelas, e, se por acaso, forem, vamos ter que administrar uma tragédia de proporções inéditas.

2.2.3.4 Energia Solar

Na segunda metade do século XX a energia fotoelétrica ganhou grande impulso com a necessidade de uma fonte de energia confiável para os satélites colocados em órbita da terra. O potencial desta tecnologia ficou evidente quando em 1990 uma aeronave movida a energia solar, o Sunseeker, voou por 4060 Km, nos Estados Unidos. Hoje as células fotoelétricas tornaram-se comum, e equipam de calculadoras a usinas elétricas de muitos megawatts (WALISIEWICZ, 2007).

A energia solar é utilizada por meio de duas tecnologias; para aquecimento de água nas residências por meio da tecnologia térmica solar e na geração de energia elétrica com as células fotoelétricas. Pode ser usada ainda de modo passivo no aquecimento de residências e prédios adequadamente adaptados para este fim, com grandes áreas envidraçadas e seguindo o mesmo princípio do utilizado em uma estufa envidraçada.

Inatomi (2005) relata que o sistema fotovoltaico durante a operação não emite poluentes e é considerada uma fonte promissora de energia sustentável, muito embora, gere impactos significativos nas etapas de produção dos painéis fotovoltaicos, impactos estes que não serão abordados neste trabalho.

2.2.3.5 Energia Eólica

A energia dos ventos é aproveitada para realizar trabalho desde os primórdios da humanidade. A força dos ventos era utilizada para mover as embarcações, moer grãos, bombear água. Ainda segundo Walisiewicz (2007) no século XVIII, era possível ver na paisagem Inglesa durante o período que antecedeu a Revolução Industrial, mais de 10.000 máquinas acionadas pela força dos ventos. Sua utilização foi gradativamente abandonada com o surgimento da máquina a vapor e o uso em larga escala do carvão como fonte de suprimento de energia.

Um dos recursos mais abundantes do nosso planeta é o vento, que se origina com o aquecimento solar de uma parte da atmosfera adjacente a outra que se encontra a uma temperatura inferior, ocasionando uma diferença de pressão, o que provoca o deslocamento do ar atmosférico da região de alta pressão (mais aquecida), para a outra região de baixa pressão (mais fria).

A topografia ou condições físicas do solo podem influenciar fortemente as características do vento. As montanhas impedem a passagem uniforme dos ventos, o ar canalizado ao redor ou através das aberturas frequentemente aumenta os ventos fortes locais, ideais para geradores de energia eólica. Atualmente existem no mundo 30.000 mil geradores que produzem eletricidade a partir da força eólica, principalmente nos Estados Unidos. Na Dinamarca, a contribuição da energia eólica é de 12% da energia elétrica total produzida; no norte da Alemanha (região de Schleswig Holstein) a contribuição eólica já passou de 16%; e a União Europeia tem como meta até 2030 atender 10% da sua necessidade de energia elétrica a partir de fontes eólicas.

Segundo o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro a geração eólica é adequada com ventos a partir de 2,5 a 3,0 m/s, abaixo deste patamar o conteúdo energético dos ventos para ventos não justifica o aproveitamento para geração de energia. Para velocidades de ventos superiores a 12 – 15 m/s o sistema automático de limitação de potência entra em operação e quando os ventos atingem valores superiores a 25 m/s o sistema de proteção é ativado, e o gerador elétrico é desconectado da rede.

No Brasil, a Região Nordeste apresenta um bom potencial de ventos para geração de energia elétrica, foi pioneira na instalação da energia eólica e tem hoje instalado 19,6 MW, o que representa o maior parque eólico nacional (TOLMASQUIM, 2005).

Esta região, localizada na ponta da rede de distribuição de energia elétrica brasileira, é abastecida parcialmente por geradores a diesel. Estes, se substituídos pelos sistemas eólicos, poderão favorecer a redução da emissão de gases formadores do efeito estufa – GEE, podendo ser transformados em créditos, além de reduzirem os custos com a compra de combustíveis e gerarem no Brasil em torno de 150 mil empregos (MME – PROINFA, 2005).

2.2.4 Fontes Não Renováveis de Energia

2.2.4.1 Petróleo

O petróleo assim como todos os demais combustíveis fósseis foi formado há milhões de anos, pela deposição e soterramento de matéria orgânica em lagos, pântanos e oceanos. Com a queima, o carbono existente nestes combustíveis é liberando à atmosfera. Ao contrário do processo de formação que ocorreu em uma escala de milhões de anos, a queima e liberação do carbono, ocorrem numa escala de séculos, o que traz para a circulação atmosférica, uma

considerável quantidade de dióxido e monóxido de carbono, além de enxôfre, fuligem, poeira (EEROLA, 2003).

No século XIX, o petróleo era um recurso abundante e inexplorado. O óleo jorrava de poços rasos, mas esta época acabou, pois as reservas mais acessíveis acabaram. Hoje o poço médio de petróleo está a mais de 3000 m de profundidade, e apenas um terço dos novos poços produz petróleo (WALISIEWICZ, 2007).

Udaeta et al. (2004) descrevem que existem controvérsias no que diz respeito às avaliações das reservas de petróleo. Um grupo de geólogos acredita que a maior parte das reservas já foi descoberta, e as novas descobertas não devem apresentar volumes significativos. Outro grupo trabalha com a hipótese de que os volumes ofertados podem aumentar à medida que cresce a demanda e o avanço tecnológico.

Com uma abordagem mais ampla sobre o fim das reservas de petróleo, Sachs (2005) relata o ponto de vista de um grupo de geólogos que trabalham com a alternativa de que o petróleo não irá acabar, mas passando por um período de esgotamento das reservas mundiais, não se sabe ao certo quanto tempo pode durar esse esgotamento. As novas reservas têm um custo alto de extração. O elevado preço do petróleo, provocados por demanda aquecida e oferta reduzida do produto. Vale destacar que os biocombustíveis mostram-se competitivos, com o petróleo na faixa dos US\$ 60 o barril.

O segundo ponto abordado por Sacks (2005) diz respeito à natureza geopolítica do petróleo, pois os altos custos que os EUA e seus aliados têm na manutenção das fontes de abastecimento a partir do Oriente Médio, levam alguns especialistas a achar que é mais vantajoso investir em novas alternativas que administrar a situação atual.

Por fim, o ponto mais importante, está associado ao aspecto ambiental, uma vez que já se passou do ponto considerado admissível para o planeta, em termos dos limites nas emissões dos gases de efeito estufa.

No Brasil observou-se a manutenção da auto-suficiência na conta petróleo, onde a produção nacional atendeu o consumo doméstico e gerou exportações que superaram o volume importado, pelo segundo ano consecutivo, conforme dados do Balanço Energético Nacional de 2008.

2.2.4.2 Gás Natural

Loverlock (2006) salienta que o gás natural apesar de ser um combustível fóssil, parece ser um combustível ideal, pois é usualmente empregado na geração de energia elétrica, em caldeiras para aquecimento tanto em residências como em processos industriais, em movimentação como combustível para motores de combustão interna, além de ser utilizado como matéria-prima pela indústria de transformação, como a indústria de fertilizantes, química, petroquímica e siderúrgica (como redutor do minério de ferro).

Trata-se de uma alternativa que foi bem recebida pelas indústrias e governos como uma forma de reduzir as emissões de CO₂, em substituição ao uso de carvão e petróleo, uma vez que a combustão do metano emite metade da quantidade de CO₂, se comparados com as emissões do petróleo e carvão, para a obtenção de uma mesma quantidade de energia. A geração de energia elétrica a partir do gás natural, com uma eficiência de conversão de 60%, emite 334,9 gCO₂/Kwh.

Pinheiro (1996) descreve que o gás natural é composto por uma mistura de hidrocarbonetos, a forma como é encontrado na natureza mostra uma mistura variada de hidrocarbonetos gasosos cujo componente preponderante é sempre o metano.

O gás natural não associado apresenta os maiores teores de metano, enquanto o gás natural associado apresenta proporções maiores de etano, propano, butano e hidrocarbonetos mais pesados. No estado bruto, apresenta também baixos teores de contaminantes, como o

nitrogênio, o dióxido de carbono, água e compostos de enxofre e de cloro, além do metanol (RIBEIRO, 2003).

Ainda segundo Ribeiro (2003) este gás é uma substância incolor e inodora, e quando queima apresenta uma chama quase imperceptível. Por questões de segurança, o GN comercializado é odorizado com enxofre. Como é mais leve do que o ar e dissipa-se facilmente na atmosfera em caso de vazamento.

Pinheiro (1996) destaca as características deste gás quanto à sua inflamabilidade face outros combustíveis, onde sua inflamação ocorre a uma temperatura superior a 620°C, mais do que o triplo da temperatura de inflamação do álcool, que é de 200°C, e mais do que o dobro da gasolina, 300°C.

Usualmente é encontrado em rochas porosas no subsolo, e sua formação resulta do acúmulo de energia solar sobre matérias orgânicas soterradas em grandes profundidades, do tempo pré-histórico, devido ao processo de acomodação da crosta terrestre. Os processos naturais de formação do gás natural são a degradação da matéria orgânica por bactérias anaeróbias, e do carvão por temperatura e pressão elevadas ou da alteração térmica dos hidrocarbonetos líquidos.

Como o transporte do gás a grandes distâncias tem certas limitações e levando-se em conta que a distribuição geográfica das reservas não é homogênea, cerca de 90% do gás consumido no mundo foi produzido localmente ou por países próximos, sendo que a transmissão é feita por gasodutos. O gás também pode ser transportado em navios-tanque gigantescos, conhecidos como navios metaneiros, que conduzem o gás dos locais de produção, aos centros de consumo. Tradicionalmente as reservas locais, de mais fácil acesso, são as mais exploradas (RIBEIRO, 2003).

2.2.4.3 Carvão

Existem na natureza diversos tipos de carvão, e são classificados de acordo com o seu poder calorífico: (i) carvão betuminoso, (ii) sub-betuminoso e (iii) a lignita. O carvão foi o principal combustível usado durante o período da Revolução Industrial, e este domínio foi diminuindo à medida que o petróleo passou a ser o motor da economia nas últimas cinco décadas. Hoje o carvão é responsável pela produção de aproximadamente 22% da energia consumida no mundo. É o combustível mais usado na geração de energia elétrica, onde mais de 40% da produção mundial desta energia é gerada em usinas a carvão (UDAETA et al. 2004).

Ainda segundo Udaeta et al. (2004) países como Austrália, China, Índia, África do Sul e Estados Unidos detêm 75% das reservas mundiais deste recurso, sendo a China o maior produtor mundial de carvão com 31% da produção deste combustível.

No Brasil a contribuição dada pelo carvão na geração de energia não é expressiva, uma vez que as reservas disponíveis no país são poucas, e além do mais, são de baixa qualidade (SACKS, 2007).

Um dos grandes problemas ambientais associados à geração da energia elétrica em usinas movidas a carvão é o alto nível das emissões de CO₂ que são liberados durante este processo. Uma usina operando com eficiência de conversão de 39% emite 978,5 gCO₂/kWh de energia gerada (ESPARTA, 2008).

2.2.4.4 Energia Nuclear

Hoje existem duas formas diferentes de energia nuclear. A forma mais disseminada, e que é utilizada em praticamente todas as unidades de produção de energia, é a da fissão nuclear. A segunda alternativa que ainda é tratada como uma promessa para os próximos anos é a da fusão nuclear, tida como muito mais segura e com rejeitos radioativos que representam um menor risco ambiental (WALISIEWICZ, 2007).

A energia nuclear é apresentada por seus defensores, em particular na França, onde o seu *lobby* é poderoso, como uma alternativa ambientalmente correta aos combustíveis fósseis e, portanto, como uma prioridade na elaboração de estratégias de transição ao mundo do pós-petróleo. Porém os problemas relativos à segurança das instalações e do lixo radioativo não são adequadamente abordados. Por menor que seja a possibilidade de um acidente nas instalações de uma usina nuclear, ou na manipulação e estocagem dos resíduos radioativos, as suas conseqüências podem ser muito graves. Como exemplos, podem ser citados os acidentes ocorridos em *Three Mile Island*, na Pensilvânia em 1979, e o posteriormente ocorrido em *Tchernobil*. Entretanto, existem muitos adeptos à geração de eletricidade por meio da tecnologia nuclear, e o principal argumento utilizado por eles, é que estas usinas não produzem CO₂, e desta maneira estão dando sua contribuição para a redução do aquecimento global (WALISIEWICZ, 2007).

Depois de avaliar algumas formas de energia, fica a questão: Qual será a forma de energia predominante no futuro? E para este questionamento Sacks (2005) faz uma abordagem interessante, pois mostra que no passado, durante as transições de um energético para outro, esta mudança não ocorreu em função do esgotamento físico da fonte, mas sim

pelo surgimento de uma nova fonte com qualidades superiores e custo inferior. Este fato ocorreu na transição da biomassa para o carvão, e na substituição deste pelo petróleo. Portanto, poderá substituir o petróleo o energético que atender as necessidades atuais da nossa sociedade, apresentar reduzidos impactos ambientais, menores emissões de gases do efeito estufa, associado a um custo compatível com a demanda do mercado.

E para Sacks (2005) as alternativas energéticas deverão ser diversas, adequadas às disponibilidades dos recursos naturais. As matrizes energéticas dos países permanecerão múltiplas, sem a predominância de uma fonte de energia específica.

2.3 EFEITO ESTUFA

O efeito estufa é um fenômeno que ocorre a partir da presença de gases existentes na atmosfera diferentes do oxigênio e do nitrogênio, em proporções muito pequenas e que são oriundos de fenômenos naturais, ou antropogênico.

2.3.1 Efeito Estufa Natural

O efeito estufa natural pode ser causado por erupções vulcânicas, decomposição natural de material orgânico, incêndios em florestas oriundos de causas naturais, que acabam gerando os chamados gases do efeito estufa – gás carbônico, metano, óxidos de enxofre, óxidos nitrosos e vapor d'água - estes gases absorvem e emitem a radiação infra-vermelha evitando assim, que todo o calor emitido pela terra volte para o espaço, fazendo com que uma parcela desta energia, fique retida na camada formada por estes gases, que envolvem a terra. Sem esse efeito estufa, chamado de efeito estufa natural, o clima da terra seria gélido, a

temperatura média do planeta de seria de -19°C e não os 15°C da atualidade. O efeito estufa natural proporciona condições adequadas para o homem viver neste planeta, cultivar os produtos agrícolas, extrair alimentos das florestas, e criar os animais (RIBEIRO, 2003).

O relatório do IPCC (2001) destaca um importante papel das nuvens no fluxo de energia da terra, especificamente sua contribuição para o efeito estufa natural, uma vez que estas mesmas nuvens absorvem e emitem a radiação infravermelha contribuindo assim com o aquecimento da superfície da terra. Porém além deste efeito de aquecimento as nuvens são também responsáveis pelo resfriamento do sistema climático, uma vez que refletem grande parte da radiação solar que incide sobre elas. A parcela da radiação solar refletida sofre influência do tipo e das propriedades óticas das nuvens, bem como da altura em que elas se encontram. A análise do balanço de energia sobre o clima da terra mostra que as camadas de nuvens são responsáveis por um pequeno resfriamento climático (GOLDEMBERG, 2003).

2.3.2 Efeito Estufa Antropogênico

Conforme destacado por Freire (2006) o efeito estufa antropogênico é o aumento da temperatura na superfície da terra causada pela elevação da concentração de gás carbônico (CO_2), e do gás metano (CH_4) na atmosfera proveniente de atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis, plantações inundadas de arroz, criação de gado, dentre muitas outras. Esta elevação da concentração destes gases na atmosfera ocorre porque sua capacidade de assimilação já foi superada, isto é, a quantidade de gases que é lançada na atmosfera maior que a natureza pode assimilar.

Mas estes não são os únicos gases responsáveis pelo efeito estufa, além deles tem também o óxido nitroso (NO_2), hexafluoreto de enxofre (SF_6), o ozônio (O_3), e os halocarbonos que tem no CFC um dos seus compostos mais conhecidos. A Tabela 6 mostra

os gases denominados gases do efeito estufa (GEE), sua fórmula, a correlação com atividades antropogênicas responsáveis pela geração destes gases, e o potencial de aquecimento global. O terceiro relatório do IPCC, em 2001, também destacou as evidências, agora mais fortes, da influência humana no clima global, com destaque para a correlação do aumento na concentração dos gases do efeito estufa e o aquecimento global.

O tempo de vida dos GEE na atmosfera, bem como sua interação com outros gases e com o vapor d'água, determinam os impactos gerados na natureza. Um indicador para estes impactos é o potencial de aquecimento global, que correlaciona os efeitos atmosféricos decorrentes de emissão de 1 Kg de um determinado gás comparado com os efeitos causados por 1 Kg de CO₂. O potencial de aquecimento global calculado para diferentes períodos de tempo mostra a influência da vida média do gás na atmosfera (GOLDEMBERG, 2003).

Tabela 6 – Principais fontes antropogênicas emissoras de gases do efeito estufa

GASES DO EFEITO ESTUFA, NOMENCLATURA, PRICIPAIS FONTES DE EMISSÃO E SEU POTENCIAL DE AQUECIMENTO GLOBAL			
GASES DO EFEITO ESTUFA	FÓRMULA	PRICIPAIS ATIVIDADES HUMANAS RESPONSÁVEIS PELAS EMISSÕES DESTES GASES	POTENCIAL DE AQUECIMENTO GLOBAL - 100 ANOS
Dióxido de Carbono	CO ₂	Queima de combustíveis fósseis(gás natural, carvão mineral, petróleo e derivados) Queima em florestas	1
Metano	CH ₄	Extração transporte e distribuição de combustíveis fósseis (emissões fugitivas) Combustão incompleta de combustíveis fósseis Decomposição de resíduos líquidos e sólidos Produção de animais	23
Óxido Nitroso	N ₂ O	Atividades agrícolas (principalmente pela adição de fertilizantes nitrogenados) Queima de combustíveis fósseis Processos industriais	296
Ozonio	O ₃	Formado na baixa atmosfera a partir de outros poluentes Gerado pela combustão de combustíveis fósseis	-
Halocarbonos	Diversas	Vazamentos em equipamentos que utilizam CFCs ou HFCs Processos industriais	120 - 12000
Hexafluoreto de Enxofre	SF ₆	Usado como isolante em equipamentos elétricos Processos Industriais	22200

Fonte: **Pinheiro (2005)**

2.4 EXTERNALIDADES RELATIVAS À ENERGIA

A necessidade do uso da energia pelas nações desenvolvidas e também pelas nações em desenvolvimento, faz com que as várias etapas de obtenção de energia, desde a extração até o consumo final, causem impactos ao meio ambiente. Muitas vezes os impactos não são adequadamente incorporados aos estudos de viabilidade e exploração de um determinado energético. A não associação de um impacto, seja ele de que tipo for, pode ser classificada como externalidade. Usando a definição adotada por Yoshino et al. (2001) para externalidade, seus impactos e conseqüências, tem-se: Externalidade são danos causados por alguma atividade a terceiros, sem que esses danos sejam incorporados no sistema de preços, ou tenha sido adequadamente avaliado durante a fase de estudo e implementação de um novo projeto, ou seja, os custos não são internalizados ou computados no referido projeto.

O uso de determinados tipos de energia provoca danos ambientais, e uma vez que os efeitos causados pela poluição a uma população, de uma determinada região, não são incorporados na sistemática de custos de energia. Os custos com saúde e meio ambientes não são internalizados, ou não tem o mesmo status que os custos de produção.

Não existe um padrão de custo que possa ser aplicado prontamente a um projeto ou situação, pois os custos são definidos de acordo com os danos causados ao meio ambiente, ou a população exposta. O problema a ser equacionado está no desenvolvimento de um método que leve em conta todos os custos decorrentes das externalidades, sem deixar margem para discussões. (YOSHINO et al. 2001).

Sacks (2007) relata também que há uma ênfase muito grande na incorporação nos preços dos custos ambientais, sendo que o princípio "poluidor pagador" não estabelece diferença entre o pagamento de uma multa, da compensação às vítimas da poluição, ou

mesmo da adaptação do processo produtivo de forma a eliminar a possibilidade de ocorrer novas contaminações.

Portanto o princípio do "poluidor pagador" não é suficiente para eliminar a possibilidade de poluição, é necessário o correto equacionamento dos custos decorrentes de uma poluição. É urgente a definição de uma metodologia que estabeleça de forma inequívoca a extensão dos danos ao meio ambiente, a população impactada, as ações corretivas necessárias para evitar novos eventos, bem como um acompanhamento das ações corretivas ou indenizatórias.

2.5 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Eficiência energética é a capacidade de gerar, distribuir e consumir a energia da forma mais racional possível. Quando se pensa em eficiência energética deve-se ter em mente algo que está em constante evolução, a busca por fazer cada vez mais com menos energia, é contínua. Este conceito pode e deve ser estendido a todo e qualquer recurso natural, sempre é possível melhorar a eficiência de um processo ou sistema.

A necessidade por energia chegou a tal ponto que é impossível conseguir atender esta demanda com os recursos locais, sendo necessário buscar esta energia em regiões muito distantes dos pontos de consumo, e não existe uma forma única de suprimento energético. Hoje são utilizados o petróleo, a hidreletricidade, o gás natural, que depois de transportados e submetidos aos mais diversos processos de transformação são finalmente disponibilizado para que o usuário possa utilizar estas energias de forma a atender suas necessidades de aquecimento, movimentação, iluminação ou outros serviços a que ela se destina.

Ocorre que para suprir esta demanda sempre crescente por energia, os sistemas tornaram-se complexos, exigindo variados e repetidos processos de transformações, e como já visto anteriormente, a cada etapa de transformação a que um energético é submetido, uma parcela de perda é produzida, e estas perdas somam-se até o ponto em que energia é utilizada pelo consumidor final.

Udaeta et al.(2004) descrevem que um das formas mais importantes para a obtenção do desenvolvimento sustentável está no modo como são utilizadas as mais diversas formas de energia, com responsabilidade e sem desperdícios. O combate ao desperdício sugere mudança de hábitos, e o uso de tecnologias mais eficientes nos diversos setores de geração, transporte e uso final.

Esta opinião também é compartilhada por King et al.(2008) onde o desperdício tem origem nos combustíveis fósseis, uma fonte aparentemente abundante e barata, levando ao consumo desmedido, sem uma avaliação adequada do quanto isto custa, em termos de aquecimento global, além do custo financeiro.

O uso eficiente da energia, e a redefinição do perfil da demanda através da discussão dos estilos de vida, do papel do transporte, da substituição do transporte individual, são apontados como uma saída para a civilização do petróleo (SACKS, 2005).

Jannuzzi (2002) identifica os benefícios que a sociedade como um todo pode obter com o uso de técnicas que conduzam ao caminho da eficiência energética:

Reduzir ou adiar as necessidades de investimento em geração, transmissão e distribuição;

Reduzir impactos ambientais locais e globais, principalmente os relacionados com a produção de eletricidade;

Reduzir os custos da energia para o consumidor final;

Contribuir para aumentar a confiabilidade do sistema elétrico.

Entretanto, de acordo com Panesi (2006) para que as sociedades possam beneficiar-se do uso da energia de forma mais eficiente, muitas barreiras precisam ser superadas:

- Os equipamentos mais eficientes tendem a ter um preço maior;
- Algumas empresas usam em seus cálculos de retorno de investimento prazos muito curtos, de seis a oito meses, o que não acontece, inviabilizando a adoção de equipamentos mais eficientes no processo produtivo;
- Outras empresas temem ainda que ao adotar medidas que leve ao uso eficiente de energia, sua cota será reduzida, e em situações de racionamento podem ficar sem a parcela desta energia necessária a continuidade do processo produtivo;
- O paradigma da energia abundante e barata precisa ser esquecido;
- Falta de pessoal capacitado para atuar neste mercado;
- Falta de normalização em alguns segmentos.

2.5.1 Motores Elétricos

Os motores elétricos funcionam como conversores de energia recebem energia elétrica da rede e a transformam em energia mecânica em seus eixos. Como em todo processo de conversão ocorrem perdas, e neste caso a perdas são devidas ao aquecimento, ventilação e atrito mecânico das partes móveis do motor. No rendimento do motor estão agrupadas todas estas perdas, portanto quanto maior for o rendimento de um motor, maior será a eficiência deste equipamento na conversão de energia, maior será a potência útil disponível na ponta do eixo do motor .

Além destas perdas existe ainda outro componente que pode reduzir a potência na ponta do eixo do motor, trata-se do fator de potência. A potência elétrica útil (kW), aquela que realiza trabalho, também chamada de ativa. Porém, é consumida da rede elétrica uma potência maior, pois os motores elétricos, tendo carga indutiva, utilizam a potência reativa

para produção do campo magnético (KVAR), devolvendo a energia para rede de forma que parte da energia fornecida pela rede não realiza trabalho, mas ocupa os condutores com a corrente reativa. A potência total consumida da rede (KVA), é igual à potência ativa dividida pelo fator de potência ($\cos\phi$), ou seja:

$$P_T = P_U / \cos\phi \quad (I)$$

Onde:

P_T é expressa em KVA;

P_U é expressa em kW;

$\cos\phi$ é o fator de potência.

Na Figura 3, pode-se observar a relação entre estas grandezas. A medida que o fator de potência ($\cos\phi$) se aproxima da unidade, a potência útil tende a ficar próxima da potência total, desta forma, consumindo menos energia da rede, fazendo com que motor trabalhe com maior eficiência.

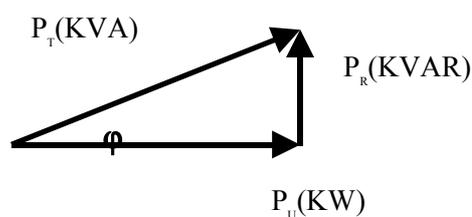


Figura 3 – Triângulo de potência

3 MATERIAL E MÉTODO

3.1. Indicadores de Sustentabilidade Adotados

Para este trabalho adotaram-se os seguintes indicadores de sustentabilidade:

Consumo de energia elétrica ;

Nível de Emissão de CO₂;

Eficiência energética.

Sendo que as unidades para a medição destes indicadores são, o Kwh, a tCO₂ e o Kwh/Kg respectivamente .

3.2 Caracterização do Estudo de Caso

Para a formulação de uma estratégia de gerenciamento do uso da energia como forma de redução dos impactos ambientais, optou-se por desenvolver o trabalho em uma empresa fabricante de produtos descartáveis para higiene e saúde. Esta empresa possui várias linhas de produção de fraldas descartáveis e localiza-se no eixo São Paulo - Rio.

Uma máquina que produz fraldas descartáveis é composta por vários sistemas, e alguns destes sistemas são acionados por motores de grande porte, que consomem muita

energia. Foram escolhidos dois destes sistemas, para serem estudados: A primeira escolha foi para o sistema do moinho, onde é feito o desfibramento da polpa de celulose, cujo acionamento do conjunto era feito por um motor de 250 CV. A outra escolha ficou com o sistema de vácuo de formação do corpo de polpa da fralda, onde o componente principal era um ventilador acionado por um motor de 170 CV.

A Figura 4 mostra o esquema do sistema de formação de uma fralda descartável. A polpa triturada no moinho é conduzida para a roda formadora pelo vácuo produzido pelo ventilador. Um sistema de válvula *dumper* ajusta o nível do vácuo na roda de formação. O ar que transporta polpa passa pelo ventilador e como está contaminado com polpa antes de ser lançado na atmosfera passa por um sistema de filtragem. O painel formado na roda é destacado e conduzido para completar o processo de fabricação da fralda descartável.

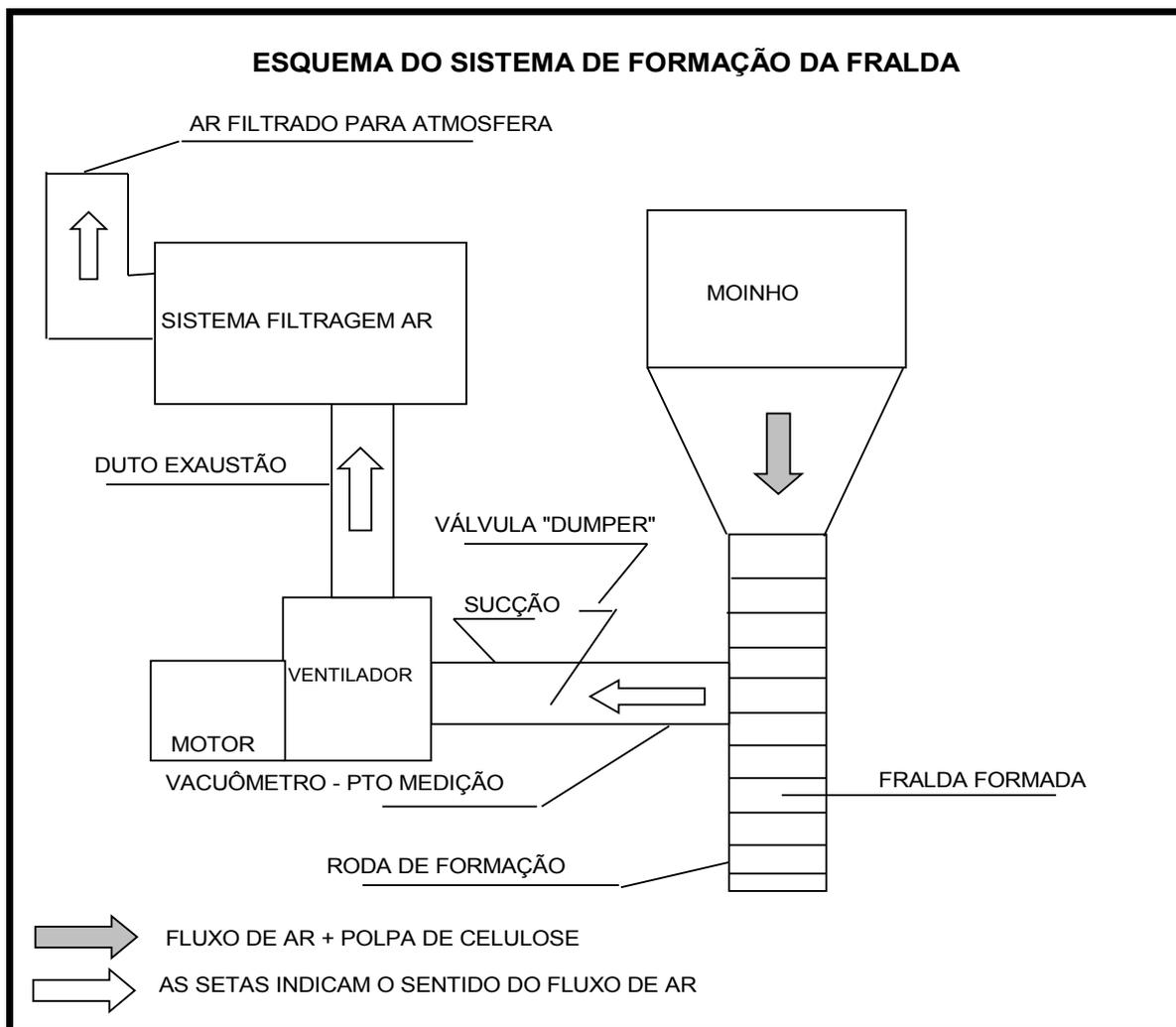


Figura 4 – Esquema do sistema de formação da fralda

O foco deste trabalho foi desenvolver alternativas para substituir estes dois sistemas – moinho e vácuo de formação – por outros mais eficientes, diminuindo assim a demanda por energia elétrica usada para colocar os referidos conjuntos em operação e com isso reduzindo o impacto ambiental causado pela geração, transporte e consumo de energia elétrica.

3.2.1 Moinho Desfibrador de Polpa

Na fralda descartável um dos insumos importantes usado no processo produtivo, a polpa de celulose, que é adquirida em bobinas – Figura 5 - cujo peso pode variar de 250 a 350

kg dependendo da origem de fornecimento. A polpa de celulose para ser incorporada ao produto deve ser triturada ou desfibrada em moinhos.



Figura 5 – Rolo de polpa de celulose

Originalmente, esta operação de desfibramento era realizada em moinhos que estavam em operação há mais de 20 anos, apresentavam alto consumo de energia elétrica, além de necessitar de constantes paradas para manutenção. Cada um dos moinhos antigos, de martelo oscilante - ilustrado na Figura 6 -, foi substituído por um sistema mais eficiente, que incorpora conceitos atuais de desfibramento, aliado a um sistema de acionamento elétrico de alto rendimento de apenas 60CV. Este novo conjunto necessita uma menor quantidade de energia

para realizar o mesmo trabalho, ou seja, abastecer a linha de produção de fraldas com a quantidade necessária de celulose desfibrada.



Figura 6 - Moinho antigo



Figura 7 - Motor de 250 CV de acionamento do moinho antigo



Figura 8 - Rotor do moinho antigo (martelos oscilantes)

3.2.1.1 Obtenção de Dados

Uma planilha foi preparada para registro dos dados necessários para monitorar a variação no consumo de energia, da quantidade de polpa desfibrada, além das demais variáveis que poderiam ser afetadas por este tipo de mudança – troca do sistema de desfibramento – no processo produtivo. As variáveis registradas na planilha foram:

- Velocidade de produção (produtos por minuto);
- Peso do produto (gramas);
- Tensão de alimentação do moinho (volts);
- Corrente consumida pelos moinhos (ampéres);
- Temperatura da carcaça do moinho (graus Centígrados);
- Temperatura ambiente (graus Centígrados);
- Técnico responsável pela medição;
- Data da coleta de dados.

Para a obtenção dos valores de potência, quantidade de polpa consumida e eficiência energética foram usadas equações (II), (III) e (IV).

Cálculo da potência de acionamento do moinho.

$$P_{\text{útil}} = 1,7321 * V * I * \cos \varphi \quad (\text{II})$$

Onde:

- $P_{\text{útil}}$, é a potência em kW;
- 1,7321, é a raiz quadrada de 3;
- V, é a tensão de alimentação medida em volt;
- i, a corrente medida em ampére;
- $\cos (\varphi)$ é o fator de potência.

A potência obtida durante o levantamento de dados é a potência aparente, pois foram registrados os valores de corrente e tensão na saída do disjuntor do alimentador do moinho, portanto, a unidade desta grandeza medida é KVA, porém para efeito didático e para facilitar

o uso dos dados existentes de emissões de gases do efeito estufa, adotou-se para esta potência a unidade de kW, lembrando sempre que o valor do KVA é sempre maior que o kW, exceto em circuitos resistivos – como de uma lâmpada incandescente - onde o valor da potência útil consumida é igual ao da potência aparente.

Cálculo da quantidade de polpa desfibrada

$$Q_p = (V_o * P_p) * 60 / 1000 \quad (\text{III})$$

Onde:

Q_p é a quantidade de polpa desfibrada medida em Kg/h

V_o é a velocidade de operação da máquina medida em produtos por minuto (ppm)

P_p é o peso de polpa de cada produto medida em grama

Com o objetivo de obter um termo relacionando o peso da polpa existente no produto com a quantidade de energia necessária para o seu desfibramento, criou-se o termo eficiência energética (E_e) obtido a partir da equação:

$$E_e = Q_p / P_{\text{útil}} \quad (\text{IV})$$

Onde:

E_e é a eficiência energética medida em Kg / kW

Q_p é a quantidade de polpa desfibrada medida em Kg/h

$P_{\text{útil}}$ é a potência de acionamento do moinho medida em kWh

Sendo E_e uma grandeza que correlaciona a quantidade de polpa desfibrada com a potência necessária para acionamento do moinho, então quanto maior for o valor de E_e , mantidas as demais condições, maior é a eficiência do equipamento, pois é necessária uma quantidade menor de energia para desfibrar um mesmo volume de polpa.

Os equipamentos usados no levantamento dos dados de corrente, tensão de alimentação e temperatura dos motores foram (a descrição completa destes equipamentos está no Apêndice A):

1. Medidor de temperatura digital, marca Minipa, modelo MT-350.
2. Alicata de medição de amperagem, marca Icel modelo Cubintec AD-6000R.

3. Medidor de tensão Fluke 179

4. A velocidade de produção foi obtida pela leitura direta na interface homem - máquina da Allen-Bradley.

5. A quantidade de polpa existente em cada produto foi obtida pela pesagem do produto em uma balança digital, marca Mettler Toledo, modelo PB 3002 – SRS.

O modelo da planilha usada para os registros dos dados de campo encontra-se no Tabela 7. Os dados de campo foram transcritos para os Apêndices B, C, D, E, F, G, H e I, sendo que estes dados serviram de base para geração dos gráficos de eficiência mostrados a seguir.

Na Figura 9 pode ser observado um instrumentista elétrico realizando uma medição, e na Figura 11 os equipamentos necessários para a realização destas medidas com segurança.

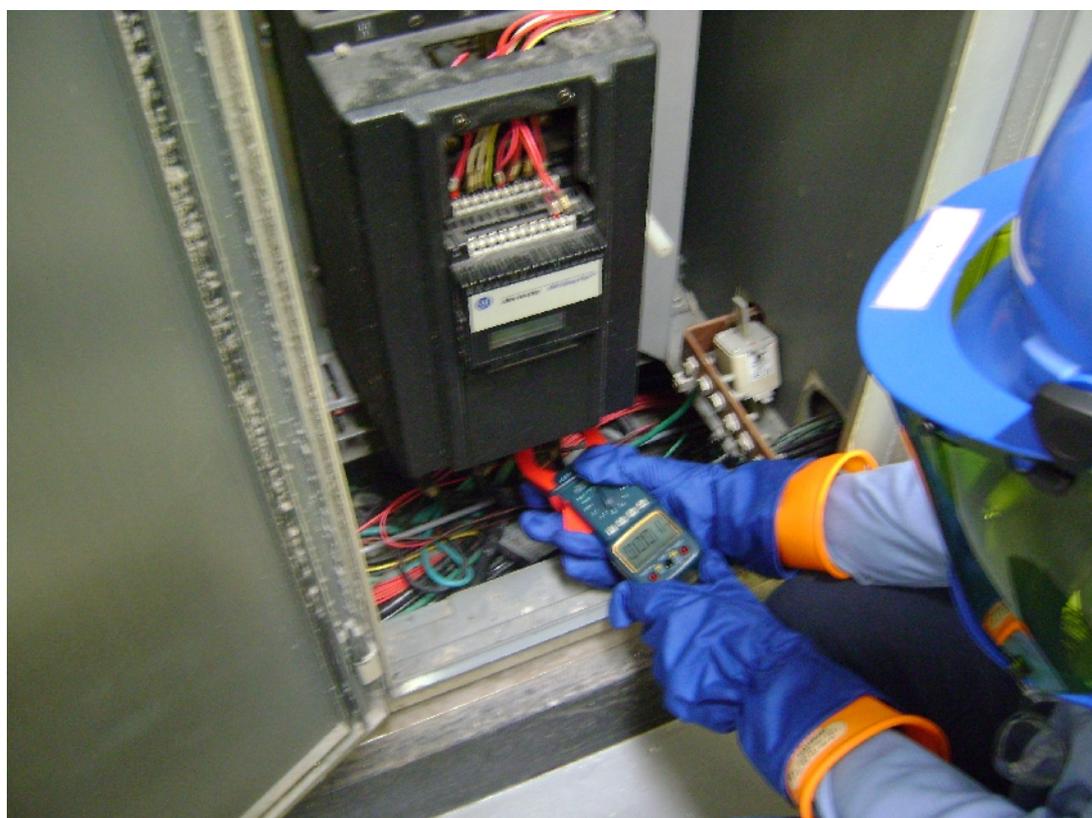


Figura 9 – Instrumentista realizando levantamento de campo



Figura 10 – Instrumentista com equipamentos de segurança para levantamento de dados no campo

Para reduzir o impacto no processo produtivo, a troca do moinho nas várias unidades de produção, foi realizada por etapas. Na primeira delas ocorreu a substituição do moinho na unidade produtiva identificada pelo número 1. As demais máquinas permaneceram com os moinhos na configuração antiga. Após a coleta de dados de desempenho e consumo do moinho antigo operando na unidade de produção 2, dados estes usados como referência para comparação do desempenho com o novo moinho, a unidade de produção 2 também teve o seu moinho substituído.

As linhas – ou unidades - de produção onde foram realizados os levantamentos de dados operam em 3 turnos de 8 horas, idealizou-se inicialmente, uma amostragem aleatória ao longo das 24 horas de trabalho, para que fossem registradas todas as condições operacionais das máquinas ao longo de um dia de trabalho. Um treinamento foi aplicado a todos os envolvidos no processo de coleta de dados, para que houvesse uma padronização na coleta dos mesmos.

Após a substituição do moinho antigo pelo de nova geração, na unidade de produção 1, todo o conjunto foi colocado novamente em regime de produção, esta alteração ocorreu em Maio de 2009, porém problemas operacionais na unidade de produção impediam o funcionamento do equipamento em regime contínuo de trabalho. Estes problemas operacionais que impediam o correto funcionamento da máquina foram eliminados e somente com a unidade de produção retornando a condição normal de produção, passou-se para a etapa de monitoramento do consumo de energia e demais variáveis, estes dados foram coletados no período de Maio e Junho de 2009, e encontram-se nos Apêndices E, F, G e I.

3.2.2 Ventilador do Sistema de Vácuo de Formação

O ventilador de sistema de vácuo de formação é um elemento importante para a formação do corpo de polpa da fralda e durante o processo de formação da fralda o vácuo deve trabalhar em torno do valor ajustado para que não ocorra falta ou excesso de polpa no produto.

A Figura 4 - Esquema do sistema de formação da fralda, mostra a localização do ventilador que gera o vácuo para o correto funcionamento do sistema, e também a válvula *dumper* onde se faz o ajuste do vácuo, além do ponto de medição do nível de vácuo. As dimensões básicas do ventilador encontram-se no Anexo A .

Quando a unidade de produção 2 passou pelo processo de atualização no sistema de desfibramento de polpa no mês de outubro de 2009, onde o moinho antigo foi substituído por um equipamento de nova geração, idêntico ao já instalado na unidade de produção 1, passou também por atualização no sistema de vácuo da formação da fralda. Nesta atualização o ventilador antigo – Figura 11 - acionado por um motor de 170 CV, foi substituído por novo ventilador de alta performance acionado por um motor de 50 CV – Figura 12.



Figura 11 – Ventilador antigo removido da unidade de produção

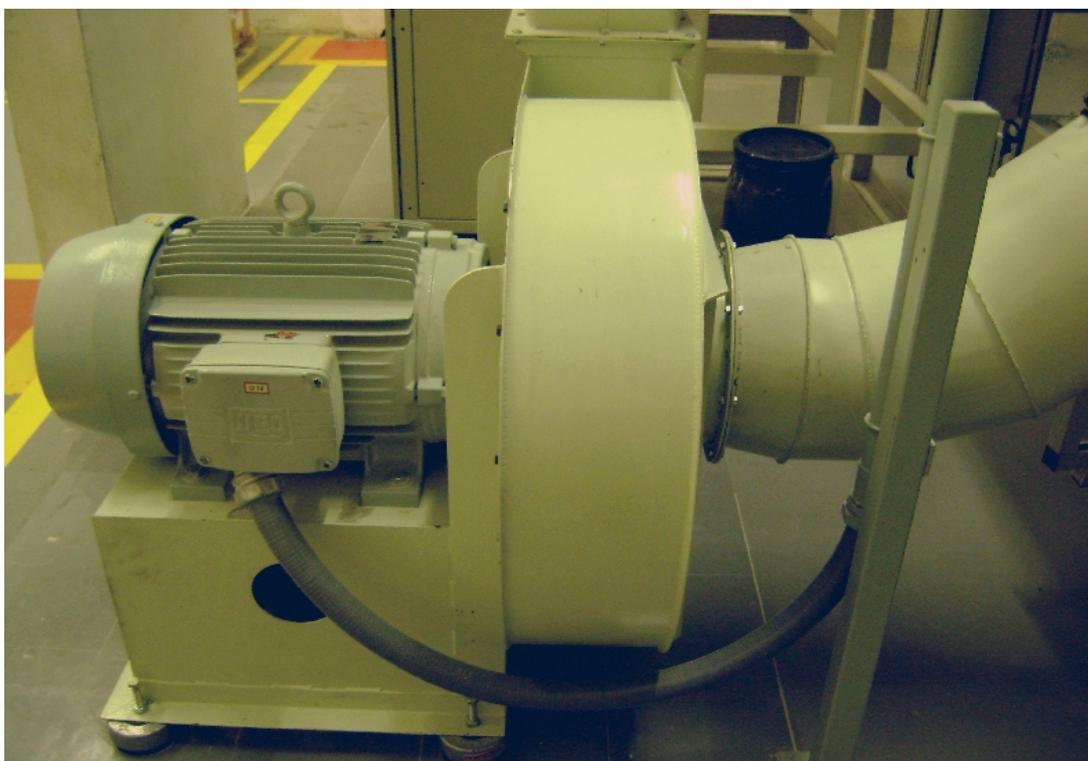


Figura 12 – Ventilador de nova geração

3.3 Obtenção de Dados

Para este estudo de caso - do ventilador - não foi possível a obtenção de dados simultâneos, pois não existiam dois sistemas idênticos passíveis de comparação, uma vez que somente a unidade de produção 2 recebeu esta modificação. Deste modo a medição no sistema de vácuo antigo e no de nova geração ocorreram na mesma unidade de produção, porém em períodos distintos

Antes de parar a unidade de produção 2 para reforma, foram medidas a tensão e corrente consumidas pelo motor do ventilador antigo, bem como o vácuo gerado na linha. O parâmetro comum usado para comparar o comportamento dos dois ventiladores foi o vácuo gerado no sistema de formação - o ponto de medição está representado na figura 4, identificado como “vacuômetro ponto de medição” .

A Figura 13 mostra o vacuômetro usado para monitorar o nível desta grandeza no duto de sucção, como durante a operação do sistema o ponteiro do vacuômetro fica oscilando a válvula *dumper* é ajustada para que o ponteiro oscile em torno do valor de 34 polegadas de coluna de água, equivalente a 0,864 mca.

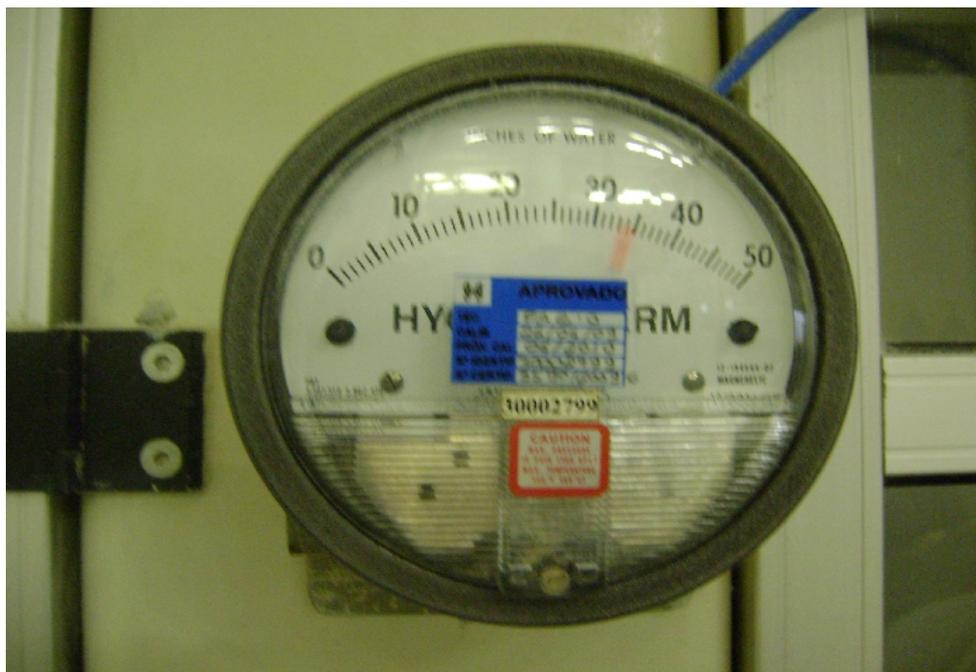


Figura 13 – Vacuômetro do sistema de formação

Com o sistema ajustado para operar nesta condição de vácuo constante foram medidos os valores da tensão de alimentação e corrente antes e depois da atualização do sistema de formação das fraldas. As medidas no sistema antigo foram realizadas no início do mês de Outubro de 2009, porque na segunda metade deste mês a unidade de produção 2 recebeu o moinho de nova geração e durante esta parada foi substituído também o ventilador de vácuo do sistema de formação.

Assim que o novo sistema de vácuo da formação da fralda entrou em operação avaliou-se qualitativamente a formação do corpo de polpa, sua consistência e inexistência de falhas no processo – falta ou excesso de polpa – não foi verificada nenhuma anormalidade.

A partir do início de Novembro de 2009 a unidade de produção 2 voltou a operar e foram medidos os valores de corrente, tensão e temperaturas com o sistema de vácuo de nova geração funcionando.

Para o cálculo da potência de acionamento do motor de ventilador do sistema de vácuo de formação da fraldas foi utilizada a equação (II), transcrita novamente na seqüência.

$$P_{\text{útil}} = 1,7321 * V * I * \cos \varphi \quad (\text{II})$$

Onde:

$P_{\text{útil}}$, é a potência em Kw;

1,7321, é a raiz quadrada de 3;

V, é a tensão de alimentação medida em volt;

i, a corrente medida em ampére;

$\cos (\varphi)$ é o fator de potência.

Valem também para este estudo de caso as mesmas ressalvas descritas no caso do moinho, relativas à potência aparente e potência ativa.

A forma de coletar os dados de campo para os ventiladores segue o mesmo procedimento adotado para o moinho, ou seja, um único instrumentista foi designado para a função utilizando os mesmos equipamentos de medição e anotado os valores obtidos na planilha cujo modelo está representado na Tabela 8.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

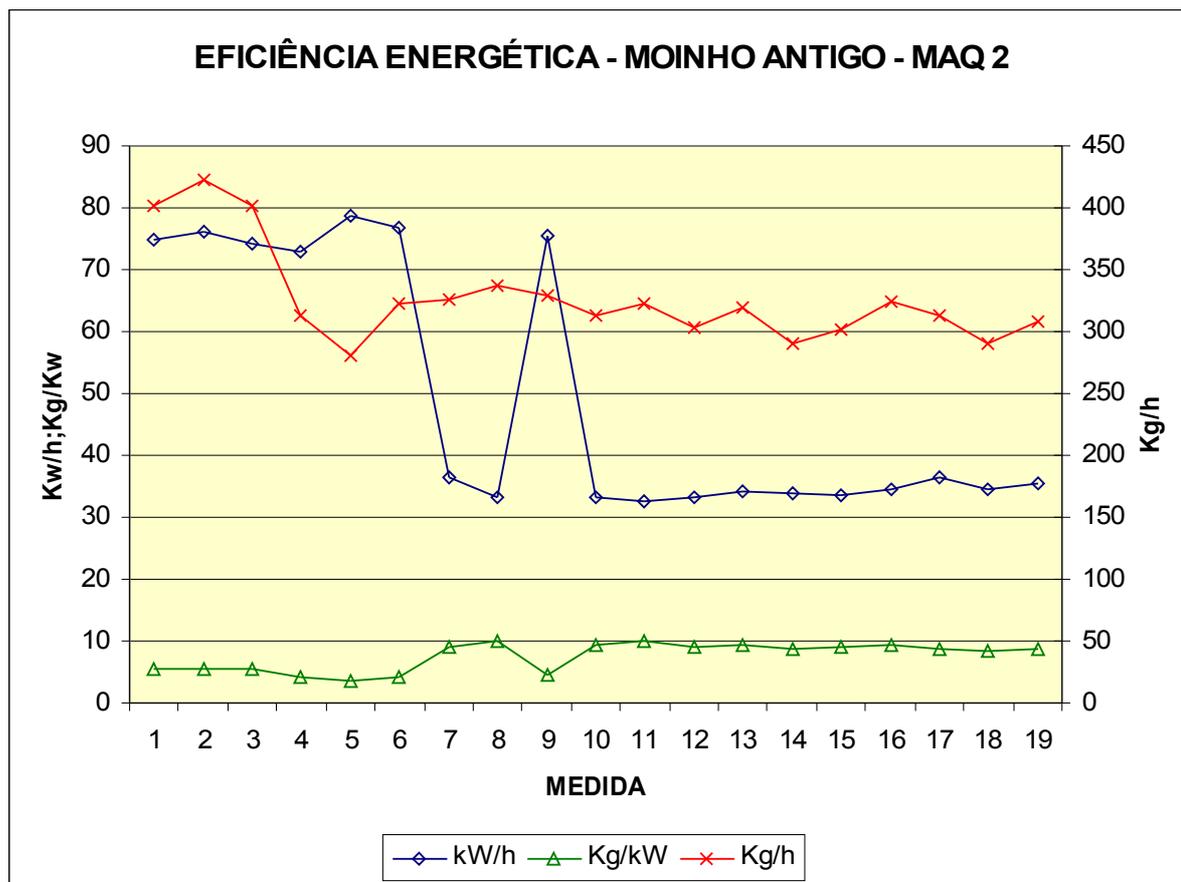
4.1 Moinho Desfibrador de Polpa

Uma primeira análise nos dados registrados na planilha do moinho antigo mostrou grande discrepância nos valores da corrente elétrica registrados como efetivamente consumido pela unidade de produção 2. Estes valores da corrente de acionamento do moinho apresentaram variação da ordem de 100%.

Além da inconsistência nos dados, verificou-se também, irregularidade na frequência de medição, pois para um período de amostragem de 15 dias, foram registradas apenas 19 medidas completas para o moinho antigo e 21 medidas para o moinho da nova geração.

Verificou-se também que um dos equipamentos usados na medição – o que estava instalado na unidade de produção 2, estava descalibrado, embora o mesmo tivesse passado por uma manutenção preventiva há trinta dias.

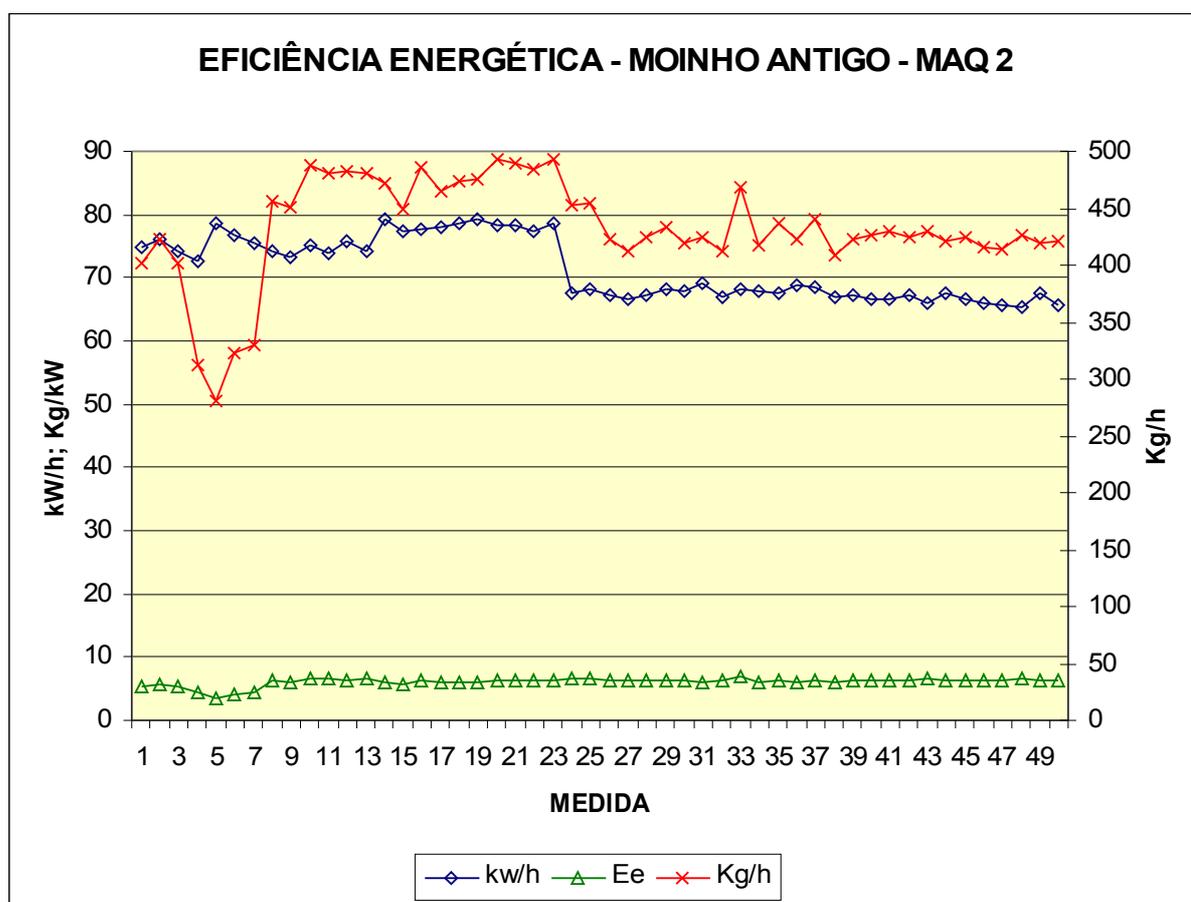
Em reunião com todas as pessoas envolvidas no levantamento dos dados, notou-se que problemas como a falta de pessoal disponível em todos os turnos de trabalho para a realização das medidas, associada à necessidade de realização de atividades simultâneas, estavam impedindo a obtenção de dados consistentes. O gráfico da Figura 14, mostra uma variação de 58 % no consumo de energia do moinho antigo, além da oscilação de 33,5 % no consumo de polpa, durante o período amostrado.



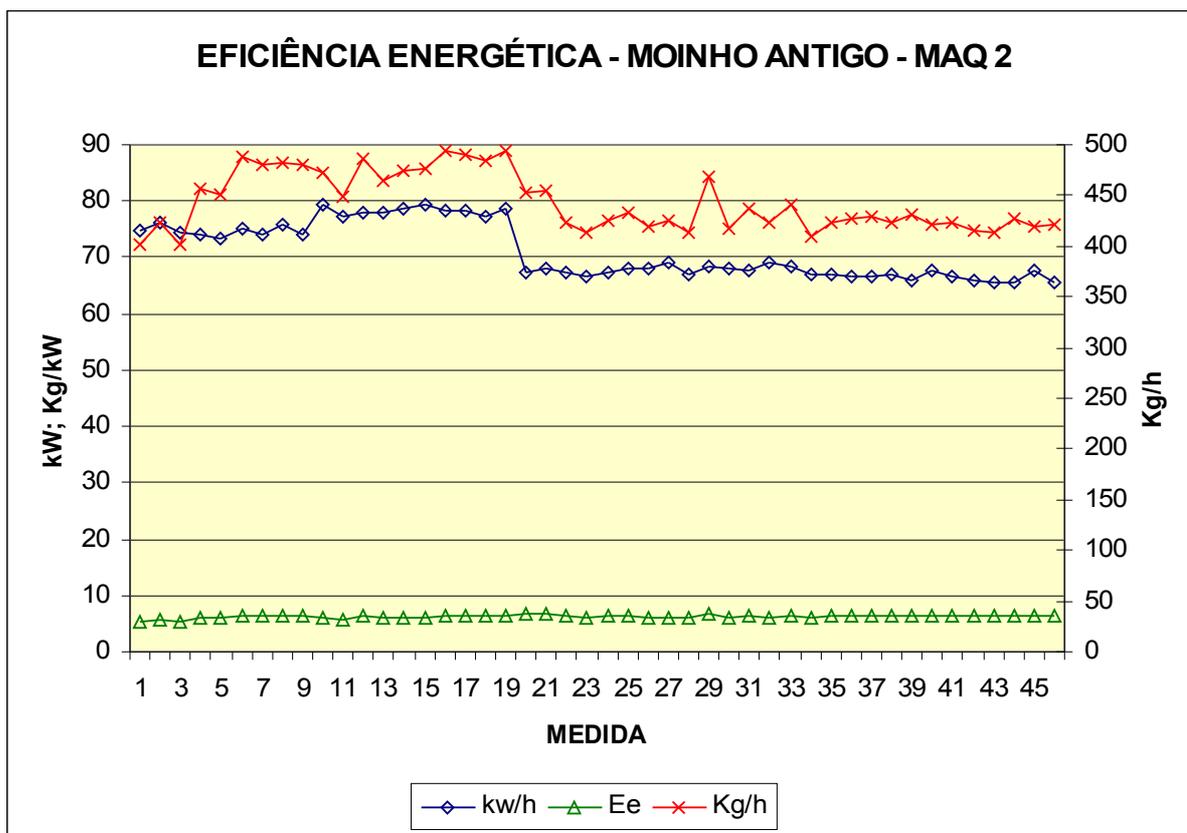
Os valores de potência (kW) e eficiência energética (Kg/kW) variam na escala de 0 – 90
Figura 14 – Gráfico exibindo variação significativa da Ee

Com o objetivo de eliminar o problema de disponibilidade de pessoal para realização da medida durante o turno de trabalho, foi designado um único instrumentista elétrico para a realização do levantamento, e esta foi sua principal atividade durante todo o período de coleta de dados. Além disso, a medição da tensão de alimentação, bem como da corrente, passou a ser feita com um alicate de medição para tensão e corrente, e o mesmo equipamento foi usado para as medições nas duas máquinas. O instrumentista encarregado de fazer as medições passou novamente por um treinamento, e após este período, o levantamento de dados foi reiniciado. Nesta segunda etapa do levantamento de dados foi verificado que as variações bruscas no consumo de energia e quantidades de polpa consumida foram eliminadas. Os dados da unidade de produção 2 estão no Apêndice B, C e D sendo que estes dados deram origem ao gráfico da Figura 15.

Observou-se também na parte inicial deste gráfico uma queda acentuada na quantidade de polpa moída, esta queda foi provocada pela diminuição da velocidade de operação da linha de produção que em média estava rodando a 289 produtos por minuto (ppm), e durante estas quatro medidas produziu a 241 ppm. A remoção destes 4 pontos da base de dados eliminou a inflexão da curva, conforme contatado no gráfico da figura 16.



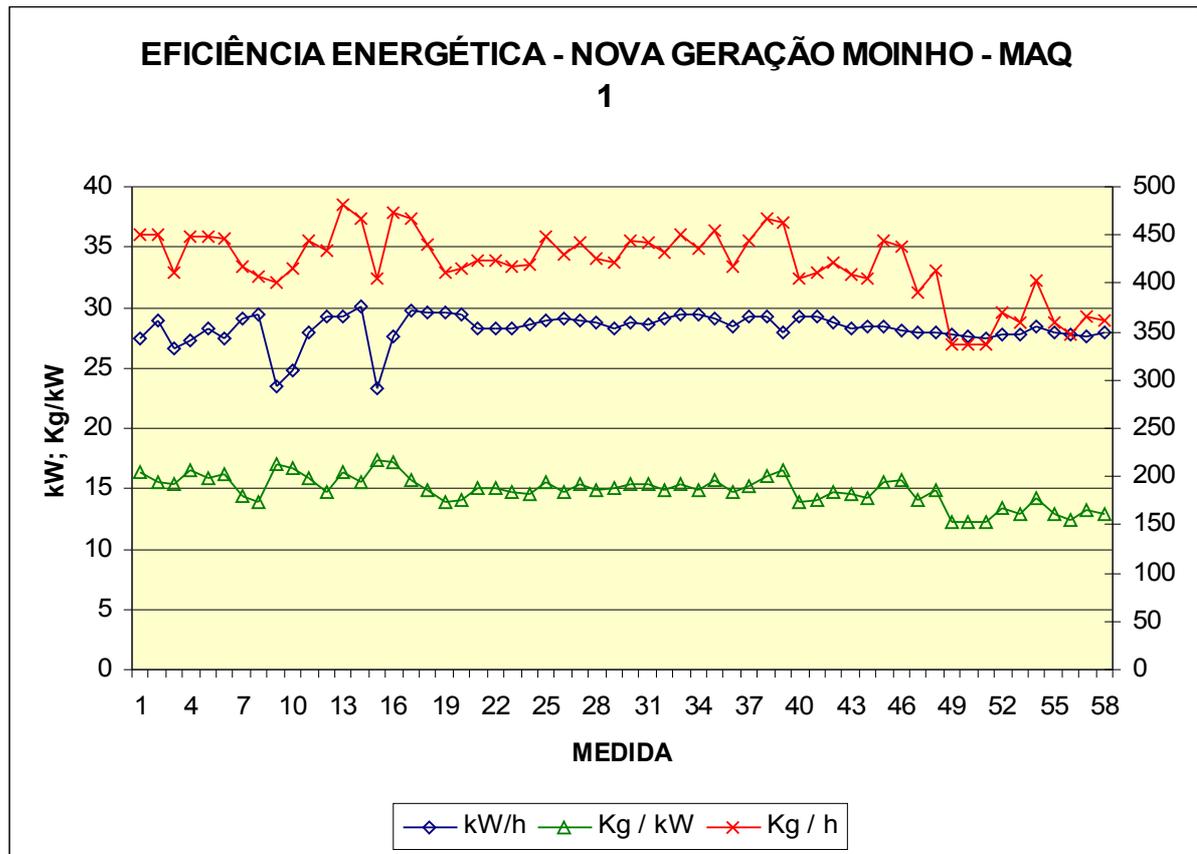
Os valores de potência (kW) e eficiência energética (Kg/kW) variam na escala de 0 – 90
Figura 15 – Gráfico eficiência energética do moinho antigo com variação na quantidade de polpa

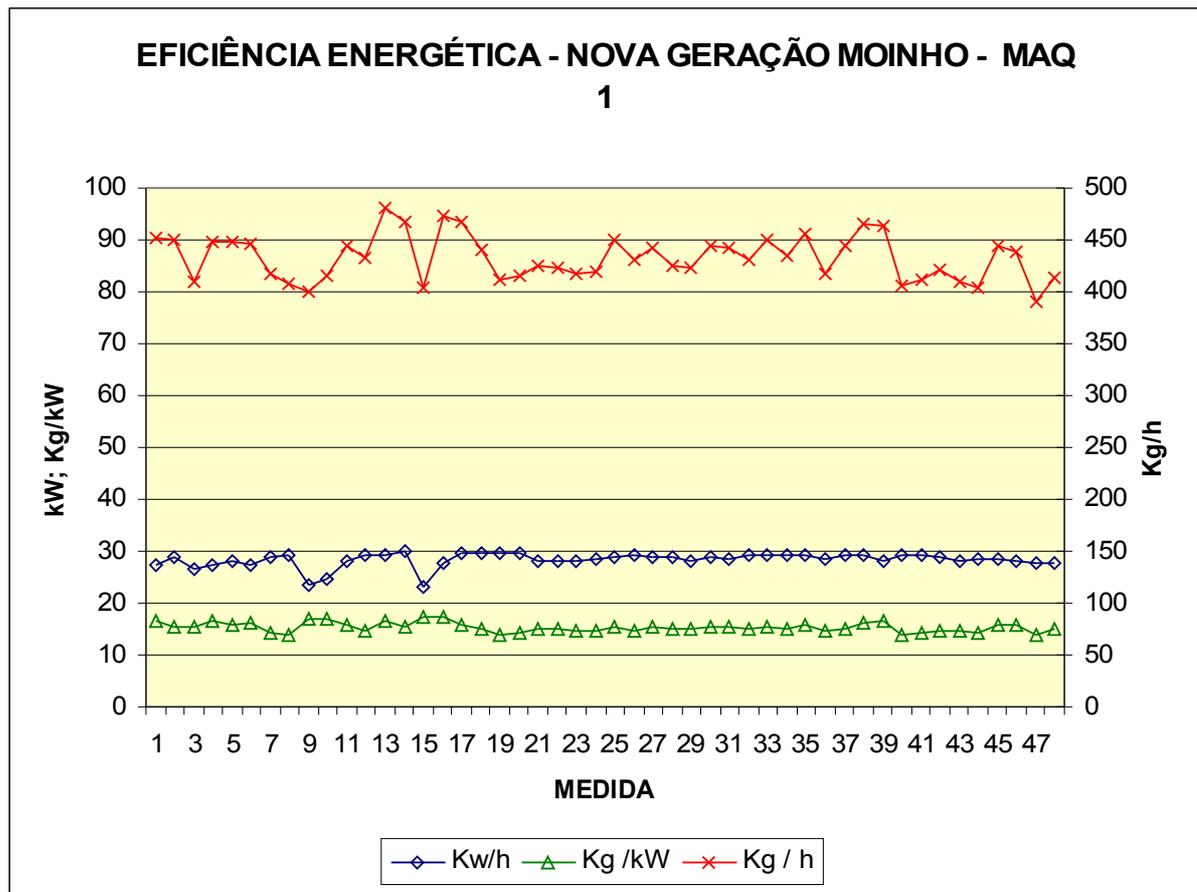


Os valores de potência (kW) e eficiência energética (Kg/kW) variam na escala de 0 – 90
Figura 16 – Gráfico eficiência energética do moinho antigo com base de dados modificada

Os dados relativos à operação da unidade de produção 1 – que opera com a nova geração de moinho - encontram-se no Apêndice E, F, G e I, sendo que estes valores foram usados como base para a obtenção do gráfico da Figura 18.

Na parte final do gráfico da Figura 17, a curva de consumo de polpa (Kg/h) mostrou uma redução persistente, e uma avaliação nos dados coletados mostrou que também neste caso ocorreu uma redução na velocidade de operação da unidade de produção 1, onde a velocidade média no início era de 303 ppm, passando para 258 ppm, ocasionando com isso o comportamento decrescente observado gráfico. Esta seqüência de dados foi retirada da base de dados e esta nova condição mostra um melhor comportamento tanto para o consumo de polpa como para a eficiência energética como mostrado na Figura 18.





Os valores de potência (kW) e eficiência energética (Kg/kW) variam na escala de 0 – 40
Figura 18 – Gráfico eficiência energética do moinho da nova geração com base de dados modificada

Os valores de eficiência energética mostrados na Tabela 9, indicam que a eficiência energética do moinho novo é 147% superior a do moinho antigo, ou seja nova geração de moinho desfibra uma quantidade maior de polpa para a mesma quantidade de energia., isto representa um menor consumo de energia e também menor emissão de CO₂.

Tabela 9 – Comparativo da eficiência energética dos moinhos em operação.

COMPARATIVO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA ENTRE OS DOIS MOINHOS			
	Ee Kg / kW	DESVIO PADRÃO	CONSUMO kWh
MOINHO POLPA ANTIGO	6,2	0,29	71,1
NOVA GERAÇÃO MOINHO POLPA	15,3	0,89	28,3
VARIAÇÃO %	147	-	60

Além das medições feitas com os equipamentos em condição de plena produção, também foram realizadas medidas com os moinhos rodando em vazio, isto é, sem desfibrar nenhuma polpa. Foram medidas a tensão e a corrente necessária para vencer somente a inércia de cada um dos conjuntos. A Figura 19 mostra o gráfico com a potência de acionamento do moinho antigo obtidos a partir do Apêndice H, e também a potência de acionamento da nova geração de moinho obtidos a partir do Apêndice I.

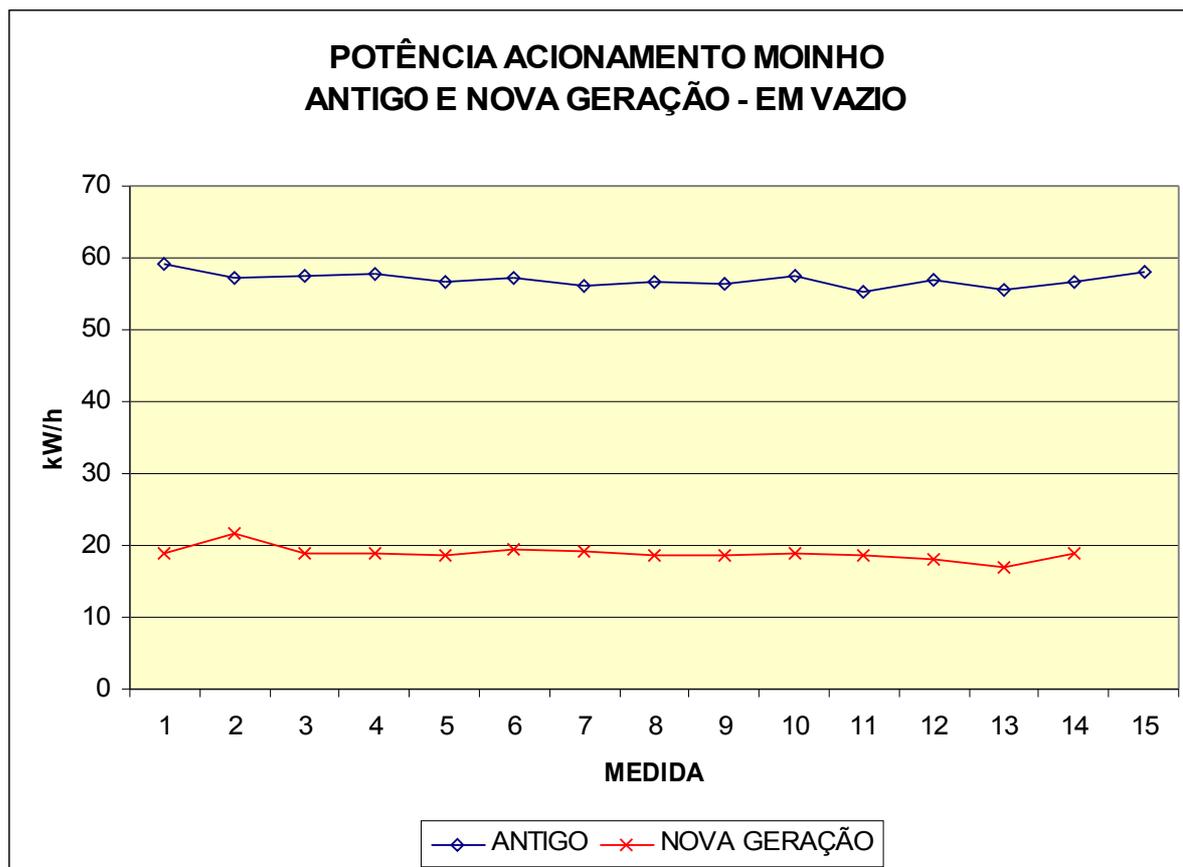


Figura 19 – Gráfico potência acionamento moinhos em vazio – antigo e de nova geração

Na Tabela 10 pode ser observada a diferença no consumo de energia entre os moinhos, apenas para vencer a inércia dos seus respectivos rotores, o moinho novo consome 67 % menos energia que o sistema antigo de moagem de polpa de celulose.

Tabela 10– Comparativo da energia de acionamento dos moinhos em vazio

ENERGIA PARA ACIONAR MOINHO EM VAZIO		
	P kWh	DESVIO PADRÃO
MOINHO POLPA ANTIGO	57,0	0,94
NOVA GERAÇÃO MOINHO POLPA	18,9	0,96
VARIAÇÃO %	67	-

4.2 Ventiladores do Sistema de Vácuo de Formação

A Figura 20 mostra o gráfico com o consumo dos ventiladores antigo e o de nova geração, este gráfico foi elaborado a partir dos dados obtidos que encontram-se no Apêndice J, K, L, M, N, O e P. Neste gráfico as curvas de consumo de energia apresentam pequena variação e apresentam-se paralelas ao eixo das ordenadas.

A Tabela 11 mostra um comparativo da energia para acionar os ventiladores do sistema de vácuo de formação da fralda, onde pode ser observado que o consumo médio de energia do ventilador antigo é de 70,9 kWh, enquanto que o consumo para o ventilador de nova geração para executar o mesmo tipo de trabalho necessita de apenas 31,3 kWh, o ventilador de nova geração consome 56% menos energia que o ventilador antigo.

Tabela 11 – Comparativo da energia de acionamento dos ventiladores

ENERGIA PARA ACIONAR VENTILADOR		
	P kWh	DESVIO PADRÃO
VENTILADOR ANTIGO	70,9	0,92
NOVA GERAÇÃO DE VENTILADOR	31,3	1,21
VARIAÇÃO %	56	-

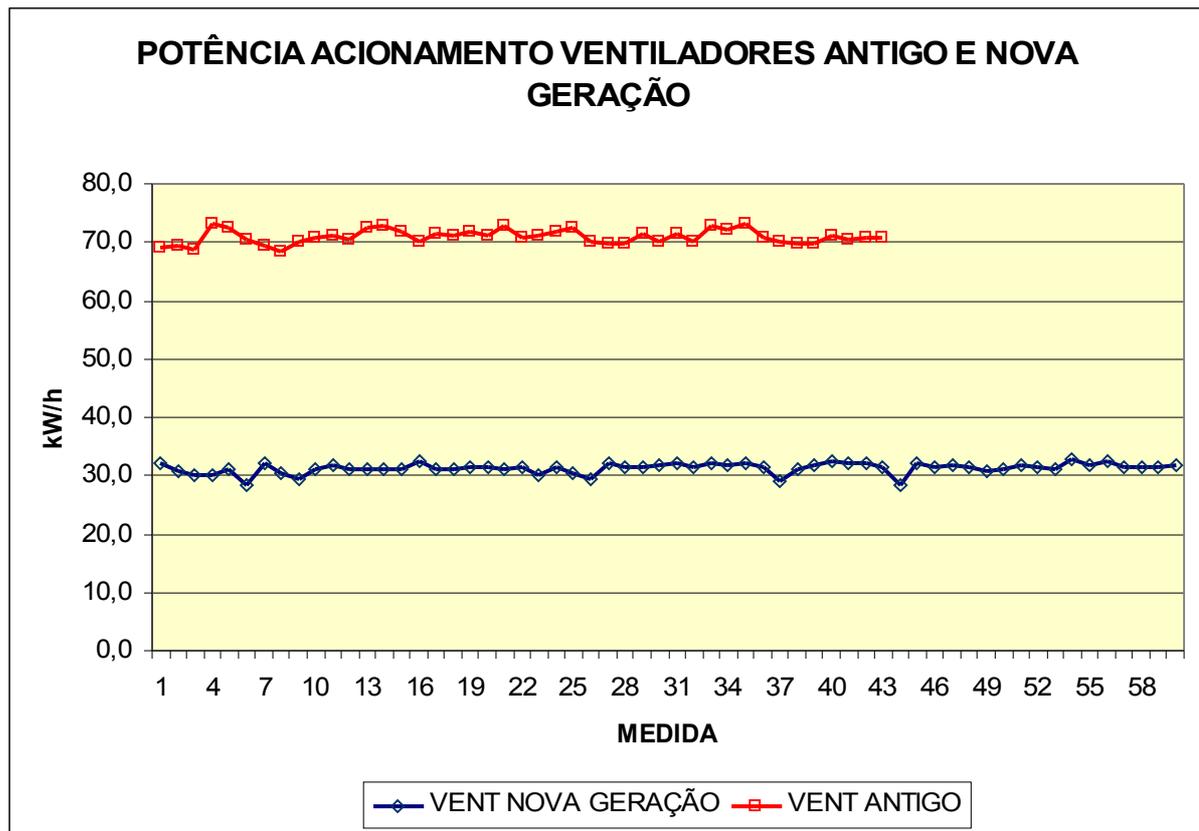


Figura 20 – Comparativo potência de acionamento dos ventiladores antigo x nova geração

A Tabela 12 mostra um comparativo da energia necessária para acionar os ventiladores do sistema de formação da fralda, em vazio. No caso destes ventiladores a diferença entre o consumo de energia com carga e em vazio é de 8% para o ventilador antigo, e 15% para o ventilador de nova geração.

Tabela 12 – Comparativo energia acionamento ventiladores em vazio

COMPARATIVO ENERGIA ACIONAR VENTILADOR COM CARGA X VAZIO		
VENTILADOR	ANTIGO kWh	NOVO kWh
COM CARGA	70,9	31,30
EM VAZIO	65,2	26,70
PERCENTUAL VAZIO/CARGA %	0,92	0,85

4.3 Cálculo de Emissões

Para o cálculo das emissões de CO₂ relativas à produção e consumo de energia elétrica, tanto para os moinhos como para os ventiladores foram adotadas as seguintes premissas:

As linhas de produção para produtos descartáveis trabalham por 6610 h no período de um ano.

As emissões médias de CO₂ adotadas para o setor elétrico são de 283 g de CO₂/kWh, para as regiões Sul/Sudeste/Centro-Oeste (ESPARTA, 2008).

A partir do número estimado de horas trabalhadas no ano, do consumo médio de energia registrado para os moinhos e do nível de emissões para o setor elétrico, foram obtidas as emissões anuais de CO₂ conforme dados da Tabela 13.

O início de operação da linha de produção equipada com a nova geração do moinho de polpa possibilitou a redução na emissão de CO₂ de 80 t/ano, em função da redução do consumo da energia elétrica.

Além da redução das emissões de CO₂, que foi um indicador de sustentabilidade escolhido para este trabalho, foram obtidos outros benefícios, como a redução no nível de ruído (avaliação qualitativa); redução também no custo de produção gerado pela diminuição no uso de um importante insumo do processo produtivo, que é a energia elétrica; diminuição das manutenções nos moinhos (causada pelos martelos oscilantes); e finalmente, mas não menos importante o aumento na qualidade final do produto em função de uma melhor qualidade da polpa desfibrada.

Tabela 13– Emissões anuais de CO₂ por moinho

EMISSÕES DE CO2 (POR LINHA DE PRODUÇÃO)			
	CONSUMO kWh	CONSUMO ANUAL kWh/ano	EMISSÃO CO2 t CO2/ano
MOINHO POLPA ANTIGO	71,1	469971	133,0
NOVA GERAÇÃO MOINHO POLPA	28,3	187063	52,9
REDUÇÃO CO2 / ANO	-	-	80

A partir do número estimado de horas trabalhadas no ano, do consumo médio de energia registrado para os ventiladores do sistema de formação da fralda e do nível de emissões para o setor elétrico, foram obtidas as emissões anuais de CO₂ conforme dados da Tabela 14.

O início de operação da linha de produção 2 equipada com a nova geração do sistema de formação possibilitou a redução na emissão de CO₂ de 74 t/ano, gerada pela redução do consumo de energia elétrica.

Tabela 14 – Emissões anuais de CO₂ por ventilador

EMISSÕES DE CO2 POR VENTILADOR DE FORMAÇÃO			
	CONSUMO kWh	CONSUMO ANUAL kWh/ano	EMISSÃO CO2 t CO2/ano
VENTILADOR ANTIGO	70,9	468649	132,6
VENTILADOR DE NOVA GERAÇÃO	31,3	206893	58,6
REDUÇÃO CO2 / ANO	-	-	74

5 CONCLUSÕES

Pode-se observar pelos dados apresentados que os objetivos de redução no consumo de energia elétrica, com a conseqüente redução nas emissões de CO₂, foram atingidos tanto para o caso do moinho como para o ventilador de nova geração. Ao entrar em operação o moinho de nova geração fez com que as emissões anuais de CO₂ fossem reduzidas em 80 t. Com investimento inferior a R\$ 30.000,00 realizado na aquisição do ventilador evitou-se a emissão anual de 74 t / CO₂.

Este tipo de ação gera ganho econômico, pois com a economia de energia é obtida uma redução de custo, e ganho ambiental, uma vez que reduz as emissões de gases do efeito estufa. Fator este nem sempre considerado na hora de planejar investimentos e ações empresariais

Nestes dois casos estudados observam-se exemplos distintos de aplicabilidade, enquanto que para o caso do sistema de moagem de matéria prima fornecidas em bobinas ou placas é bastante específico, e não pode ser replicado para qualquer tipo de indústria, para o caso do ventilador, onde é utilizado o princípio do transporte pneumático de materiais, ou onde utiliza-se o vácuo para a conformação de produtos, a reprodução deste mudança no ambiente industrial é grande, existindo assim maior oportunidade de multiplicação deste exemplo de eficientização energética.

Além dos objetivos específicos alcançados, isto é, a redução das emissões de CO₂ no equipamento de moagem de polpa, e do sistema de geração de vácuo na formação da fralda, no decorrer do projeto foram identificadas outras oportunidades de uso eficiente da energia na empresa foco deste trabalho, e alguns destes projeto merecem ser citados:

- Aumento na eficiência energética de geração e uso do ar comprimido;
- Estudo para eliminação das perdas no uso do ar comprimido;
- Substituição do sistema de iluminação nas ruas e estacionamento da empresa;
- Uso de luz natural em escritórios;
- Redução do consumo de papel em escritórios;
- Substituição do papel branco pelo papel reciclado;
- Exportação dos projetos de eficiência energética para outras fábricas do mesmo grupo;
- Uso de variadores de velocidade para motores de ventiladores;
- Uso prioritário do biocombustível na frota de veículos da área de vendas;
- Substituição do óleo BPF pelo gás natural como combustível da caldeira;
- Construção de um prédio "verde" para abrigar a nova caldeira e novo sistema de compressores de ar comprimido.

6 OUTRAS CONSIDERAÇÕES

No ano de 2009 no departamento de engenharia onde o autor desta dissertação atua foram criados os grupos de Energia e de Meio Ambiente, sendo que posteriormente ocorreu a fusão destes dois grupos, que passaram a atuar em conjunto na busca de projetos de redução das emissões de gases do efeito estufa. No Anexo encontram-se alguns exemplos de ações deste grupo.

Como visão de futuro, é oportuna a colocação de mais alguns pontos que podem ajudar no questionamento sobre o uso adequado e eficiente da energia, em um país com grande diversidade cultural e de recursos naturais

Utilizar a energia de um modo mais eficiente, além de reduzir a despesa com o consumo de energia polui-se menos, pois a energia que menos polui é aquela que não é perdida ou consumida.

É necessário investir maciçamente na eficiência energética, desde a produção, até o consumo final, objetivando produzir mais, fazer cada vez mais, com o menor consumo de energia possível, independente do tipo de fonte utilizada, seja ela renovável ou fóssil.

As estratégias energéticas deverão ser definidas, pelos governos e empresas do setor privado, buscando sempre uma matriz energética com baixas emissões de gases do efeito estufa, que de fato usem todas as formas de energia disponíveis localmente, sendo que, a diversificação energética, pode ser o caminho para o desenvolvimento realmente sustentável.

Caso os diversos segmentos da economia brasileira adotem medidas para o aumento da eficiência no uso da energia, é possível reduzir ou até mesmo postergar as necessidades de investimentos em geração, transmissão e distribuição, com a conseqüente redução do impacto ambiental ocasionado pela cadeia de produção de energia.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ARAÚJO, F. T.; **Procurando os Limites do Crescimento: Construção de Indicadores de Sustentabilidade Objetiva Estabelecer Parâmetros para o Desenvolvimento Regional**, 2005 - acesso em 09.05.2008.

http://www.fae.edu/publicacoes/pdf/revista_fae_business/n11/ambiente_procurando_limites_crescimento.pdf

AZEVEDO, A. L.V.; **Indicadores de Sustentabilidade Empresarial no Brasil: Uma Avaliação do Relatório do CEBDS**, 2006 – acesso em 31.05.2008.

http://www.redibec.org/IVO/rev5_06.pdf

BERMANN, C.; **Impasses e Controvérsias da Hidreletricidade**, Instituto de Estudos Avançados, Universidade de São Paulo, 2007.

CASAGRANDE, E. F. J.; **Inovação Tecnológica e Sustentabilidade: Possíveis Ferramentas para uma Necessária Interface**, 2004 – acesso em 05.04.2008

<http://www.ppgte.ct.utfpr.edu.br/leituras/casagrandeJr2004.pdf>

CORAL, E.; ROSSETO, C. R.; SELIG, P. M.; **O Planejamento Estratégico e a Formulação de Estratégias Econômicas, Sociais e Ambientais: Uma Proposta em Busca da Sustentabilidade Empresarial**, 2003 – acesso em 05.04.2008.

<http://engema.up.edu.br/arquivos/engema/pdf/PAP0006.pdf>

DEMANBORO, A. C.; MARIOTONI, C. A., NATURESA, J. S.; RODRIGUES, J. S. J.; **A Sustentabilidade Através de Empreendimentos Energéticos Descentralizados**, 2006 – acesso em 13.02.2009.

www.nipeunicamp.org.br/agrener/anais/2006/52.pdf

DEPONTI, C. M.; ECKERT, C.; AZAMBUJA, J. L. B.; **Estratégia para a Construção de Indicadores para Avaliação da Sustentabilidade e Monitoramento de Sistemas**, 2002 – acesso em 30.04.2008.

http://www.emater.tche.br/docs/agroeco/revista/ano3_n4/artigo3.pdf

EEROLA, T. T.; **Mudanças Climáticas Globais: Passado, Presente e Futuro**, 2003 – acesso em 10.07.2009.

http://homologa.ambiente.sp.gov.br/proclima/artigos_dissertacoes/artigos_portugues/mudanca_sclimaticasglobaispassadopresenteefuturo.pdf

ESPARTA, A. R. J.; **Redução de Gases do Efeito Estufa no Setor Elétrico Brasileiro: A Experiência do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Quioto, e uma Visão Futura**, Tese de Doutorado em Energia, Universidade de São Paulo, 2008.

FREIRE; G. D.; **Pegada Ecológica e Sustentabilidade Humana**, São Paulo, Editora Gaia, 2006.

GOLDEMBERG, J.; TRIGUEIRO, A; **Meio Ambiente no Século 21**, Rio de Janeiro, Editora Sextante, 2003.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O.; **Energia e o Meio Ambiente no Brasil**, Instituto de Estudos Avançados, Universidade de São Paulo, 2007.

GOLDEMBERG, J.; MOREIRA, J. R.; **Política Energética no Brasil**, Instituto de Estudos Avançados, Universidade de São Paulo, 2005.

JANNUZZI, G. M.; **Aumentando a Eficiência nos Usos Finais de Energia no Brasil**, 2002 – acesso em 17.07.2009.

<http://www.fem.unicamp.br/~jannuzzi/documents/unicamp-20anos.pdf>

YOSHINO, R. T.; SOUZA, R. M.; **Barreiras aos programas de Conservação de Energia no Brasil**, 2001 - acesso em 11.07.2009

http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2001_TR103_0282.pdf

KIPERSTOK, A.; **Sustentabilidade Ambiental: Produção e Consumo**, 2006 – acesso em 22.05.08. <http://periodicos.unitau.br/ojs-2.2/index.php/exatas/article/viewArticle/396>

MENDONÇA, P. S. M.; ARAÚJO, G. C.; BUENO, M. P.; SOUSA, A. A.; **Sustentabilidade Empresarial: Conceito e Indicadores**, 2006 – acesso em 06.04.2008.

http://www.convibra.com.br/2006/artigos/61_pdf.pdf

MEADOWS, D; RANDERS, J; MEADOWS, D; **Limites do Crescimento – A Atualização de 30 anos**, Rio de Janeiro, Qualitymark, 2008.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (MME); **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**, Brasília, 2005.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (MME); **Balço Energético Nacional**, Brasília, 2008.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (MME); **Balço Energético Nacional**, Brasília, 2006.

PANESI, A. R. Q.; **Fundamentos de Eficiência Energética Industrial, Comercial e Residencial**, Ensino Profissional Editora, 2006.

PINHEIRO, F. C.; **Mudança Global do Clima: Ciência e Políticas Públicas**. Revista Ciência Moleculares, 2006 - acesso em 30.08.2009.
http://revista.cecm.usp.br/arquivo/2006dez/artigos/mudancas_climaticas

POOLE, A. D.; HOLLANDA, J. B.; TOLMASQUIM, M. T.; **Conservação de Energia e Emissões de Gases do Efeito Estufa no Brasil**, 1998 – acesso em 19.07.09.
www.inee.org.br/down_loads/eficiencia/CO2_PORT.pdf

RELATÓRIO DAS NAÇÕES UNIDAS – DIVISÃO DA POPULAÇÃO; **Evolução da População Brasileira**, 2009.

RIBEIRO, L. S.; **O Impacto do Gás Natural nas Emissões de Gases do Efeito Estufa: O Caso do Município do Rio de Janeiro**, Dissertação de Mestrado em Energia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.

SACKS, I.; **Caminhos Para o Desenvolvimento Sustentável**, Rio de Janeiro, Garamond Universitária, 2008.

SACKS, I.; **A Revolução Energética do Século XXI**, 2007 – acesso em 25.07.2009.
<http://www.scielo.br/pdf/ea/v21n59/a03v2159.pdf>

SANCHES, C. S.; **Gestão Ambiental Proativa**, 2000 – acesso em 14.09.2008.
<http://www.dad.ufs.br/materiais/124639610728.pdf>

SCHAEFFER, R.; **O Futuro da Energia Elétrica no Brasil**, 2008 - acesso em 11.07.2009.
<http://www.mudancasclimaticas.andi.org.br/content/o-futuro-da-energia-eletrica-no-brasil>

SOLA, A. V. H.; KOVALESKI, J. L.; Eficiência Energética nas Indústrias: Cenários e Oportunidades, 2004 – acesso em 17.10.2008.

http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2004_Enegep0702_1061.pdf

UDAETA, M. E. M.; GALVÃO, L. C. R.; GRIMONI, J. A. B.; **Iniciação a Conceitos de Sistemas Energéticos para o Desenvolvimento Limpo**, São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 2004

VEISSID, N; PEREIRA, E. B.; **Estimativa do Albedo Planetário Empregando Dados do Experimento Célula Solar do Satélite Brasileiro SCD2** - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2000 – acesso em 25.02.2009.

<http://biblioteca.universia.net/ficha.do?id=530010>

WALISIEWICZ, M.; **Energia Alternativa: Solar, Eólica, Hidroelétrica e de Biocombustíveis**, São Paulo, Publifolha , 2007.

WALKER, G; KING, D.; **O Tema Quente: Como Combater o Aquecimento Global e Manter as Luzes Acesas**, Rio de Janeiro, Objetiva, 2008.

APÊNDICE

Apêndice A – Descrição dos equipamentos de medição

Medidor de temperatura digital, marca Minipa, modelo MT-350.

Escala de operação: de -30 graus Celsius a 550 graus Celsius

Acuracidade: +/- 2 graus Celsius de -30 graus Celsius a 100 graus Celsius

Emissividade: 0,95

Campo de visão: de 100 mm até 1000 mm

Alimentação: bateria de 9V

Potência de saída do medidor laser de temperatura: < 1mW

Comprimento de onda: vermelho de 630 a 670 nano metro

Classificação de segurança: Laser de classe II

Alicate de medição de amperagem, marca Icel modelo Cubintec AD-6000R.

Máxima amperagem: 600 A

Escala de amperagem: 20, 200 e 600 A

Escala de tensão: 200 e 600 V

Medidor de tensão e corrente Fluke 179 – Valor eficaz verdadeiro

Tensão máxima: 1000 V

Precisão: +/- 1,0% + 3

Resolução Max: 0,1 mV

Corrente Max: 10 A

Precisão: +/- 1,5% + 3

Resolução Max: 0,01 mA

Velocidade de produção foi obtida pela leitura direta na interface homem máquina da Allen-Bradley.

Balança digital, marca Mettler Toledo, modelo PB 3002 – SRS.

Apêndice C – Dados de produção e consumo da máquina 2 com moinho antigo

MÁQUINA 2 (COM MOINHO ANTIGO)												
DIA	TURNO	OPERADOR	VELOCIDADE PPM	PESO PRODUTO g	T ambiente	T moinho	TENSÃO	CORRENTE	POTÊNCIA CONSUMIDA	POLPA MOIDA	Kg / Kw	OBSERVAÇÃO
					Celsius	Celsius	V	A	kWh	Kg / h		
14.05.2009	A	ITAPIRA	280	23,9	27,0	50,0	440,0	98,0	74,7	401,0	5,4	
15.05.2009	A	ITAPIRA	295	23,9	27,0	51,2	440,0	99,8	76,1	423,0	5,6	
18.05.2009	B	SALA	280	23,9	27,0	49,5	440,0	97,5	74,3	401,5	5,4	
21.05.2009	A	ITAPIRA	241	21,6	27,0	47,5	449,7	93,4	72,8	312,3	4,3	
22.05.2009	B	RONALDO	240	19,5	27,0	48,2	448,6	101,1	78,6	281,2	3,6	
22.05.2009	B	RONALDO	240	22,4	26,0	49,0	446,0	99,4	76,8	322,6	4,2	
25.05.2009	B	RONALDO	242	22,7	26,5	47,0	447,0	97,5	75,5	329,6	4,4	
05.06.2009	ADM	LAZARO	270	28,2	24,0	48,0	437	98,0	74,2	456,8	6,2	
05.06.2009	ADM	LAZARO	280	26,8	24,5	49,5	431	98,2	73,3	450,2	6,1	
05.06.2009	ADM	LAZARO	281	28,9	25,0	47,5	439	98,7	75,1	487,3	6,5	
05.06.2009	ADM	LAZARO	280	28,6	25,0	50,0	438	97,4	73,9	480,5	6,5	
05.06.2009	ADM	LAZARO	281	28,6	25,0	50,5	437	100,0	75,7	482,2	6,4	
05.06.2009	ADM	LAZARO	280	28,6	25,0	50,5	436	98,2	74,2	480,5	6,5	
08.06.2009	ADM	LAZARO	299	26,3	25,0	50,0	437	104,9	79,4	471,8	5,9	
08.06.2009	ADM	LAZARO	285	26,3	25,0	49,5	436	102,4	77,3	449,7	5,8	
08.06.2009	ADM	LAZARO	310	26,1	25,0	50,0	437	102,8	77,8	485,5	6,2	
08.06.2009	ADM	LAZARO	295	26,3	25,5	51,5	435	103,5	78,0	465,5	6,0	
08.06.2009	ADM	LAZARO	295	26,8	26,0	52,0	438	103,7	78,7	474,4	6,0	
08.06.2009	ADM	LAZARO	295	26,9	26,5	51,5	438	104,6	79,4	476,1	6,0	
08.06.2009	ADM	LAZARO	295	27,9	25,5	51,5	435	103,8	78,2	493,8	6,3	
09.06.2009	ADM	LAZARO	295	27,7	24,5	49,5	436	103,7	78,3	490,3	6,3	
09.06.2009	ADM	LAZARO	295	27,4	25,0	49,5	434	102,9	77,4	485,0	6,3	

Apêndice J – Dados de produção e consumo da máquina 2 com ventilador antigo

VENTILADOR ANTIGO - MÁQUINA 2								
DATA	INSTRUMENTISTA	VELOCIDADE	PESO	T ambiente	T ventilador	VENTILADOR		POTÊNCIA CONSUMIDA
		PPM	g	Centígrados	Centígrados	V	A	kWh
10.09.09	LAZARO	284	25,0	28,1	43,0	430	92,5	68,9
10.09.09	LAZARO	285	24,5	28,5	42,5	431	93,0	69,4
10.09.09	LAZARO	285	24,5	28,0	42,5	433	91,8	68,8
10.09.09	LAZARO	287	23,8	29,0	42,5	439	96,0	73,0
10.09.09	LAZARO	286	25,0	28,5	43,0	440	95,1	72,5
10.09.09	LAZARO	285	24,5	29,0	42,5	432	94,3	70,6
10.09.09	LAZARO	280	25,5	29,5	42,0	433	92,7	69,5
10.09.09	LAZARO	280	24,5	29,0	42,5	434	91,0	68,4
10.09.09	LAZARO	280	24,5	29,5	42,0	432	93,5	70,0
10.09.09	LAZARO	280	24,0	29,5	42,5	434	94,3	70,9
10.09.09	LAZARO	280	24,0	28,0	42,5	432	95,0	71,1
10.09.09	LAZARO	285	25,0	29,5	41,5	432	94,3	70,6
10.09.09	LAZARO	280	24,5	28,5	42,5	440	95,0	72,4
10.09.09	LAZARO	286	23,0	29,5	42,0	437	96,4	73,0
11.09.09	LAZARO	296	22,4	26,0	41,0	438	94,7	71,8
11.09.09	LAZARO	296	23,4	26,0	41,0	438	92,3	70,0
11.09.09	LAZARO	294	25,0	26,0	41,5	438	94,0	71,3
11.09.09	LAZARO	290	25,0	26,5	42,0	439	93,5	71,1
11.09.09	LAZARO	292	25,1	26,5	42,5	441	94,2	72,0
11.09.09	LAZARO	290	24,4	27,0	42,5	437	93,8	71,0
11.09.09	LAZARO	291	26,0	28,0	42,5	438	96,0	72,8
11.09.09	LAZARO	290	24,4	27,5	43,5	441	92,8	70,9
11.09.09	LAZARO	300	24,5	28,0	42,5	438	93,6	71,0
11.09.09	LAZARO	300	24,5	27,5	42,0	440	94,0	71,6
11.09.09	LAZARO	295	23,8	28,5	41,5	439	95,1	72,3

Apêndice K – Dados de produção e consumo da máquina 2 com ventilador antigo

Apêndice L – Dados de produção e consumo da máquina 2 com nova geração ventilador

NOVA GERAÇÃO VENTILADOR - MÁQUINA 2								
DATA	INSTRUMENTISTA	VELOCIDADE	PESO	T ambiente	T ventilador	VENTILADOR		POTÊNCIA CONSUMIDA
		PPM	g	Centígrados	Centígrados	V	A	kWh
27.10.09	LAZARO	284	21,2	28,1	41,0	438	42,5	32,2
27.10.09	LAZARO	285	20,8	28,5	41,0	437	40,5	30,7
27.10.09	LAZARO	285	20,1	28,5	41,5	439	39,5	30,0
27.10.09	LAZARO	287	20,9	29,5	41,5	438	39,5	30,0
27.10.09	LAZARO	286	20,5	28,5	42,0	433	41,3	31,0
27.10.09	LAZARO	285	20,4	29,5	42,0	432	38,0	28,4
27.10.09	LAZARO	280	21,2	30,0	42,5	436	42,7	32,2
27.10.09	LAZARO	280	22,2	29,5	42,5	438	40,1	30,4
27.10.09	LAZARO	280	22,2	29,0	42,5	442	38,5	29,5
27.10.09	LAZARO	280	22,1	29,5	43,0	436	41,2	31,1
28.10.09	LAZARO	280	20,9	28,0	42,5	437	41,8	31,6
28.10.09	LAZARO	285	21,4	29,0	42,0	435	41,3	31,1
28.10.09	LAZARO	280	21,6	29,0	41,5	443	40,4	31,0
28.10.09	LAZARO	286	21,4	29,5	43,0	442	40,5	31,0
28.10.09	LAZARO	286	21,7	29,5	43,0	441	40,7	31,1
28.10.09	LAZARO	284	21,4	28,0	41,5	440	42,8	32,6
28.10.09	LAZARO	280	21,0	29,0	42,0	439	41,0	31,2
28.10.09	LAZARO	280	21,9	29,0	42,5	435	41,2	31,0
29.10.09	LAZARO	281	21,3	29,5	42,5	438	41,3	31,3
29.10.09	LAZARO	283	21,2	29,0	42,5	433	41,8	31,3
29.10.09	LAZARO	280	20,8	28,5	42,5	432	41,7	31,2
29.10.09	LAZARO	284	21,1	29,0	42,5	437	41,5	31,4
29.10.09	LAZARO	280	21,5	28,5	42,5	440	39,7	30,3
29.10.09	LAZARO	281	21,3	29,5	41,5	440	41,4	31,6
29.10.09	LAZARO	281	22,3	30,0	41,5	439	40,0	30,4
29.10.09	LAZARO	281	21,3	29,5	41,5	443	38,5	29,5

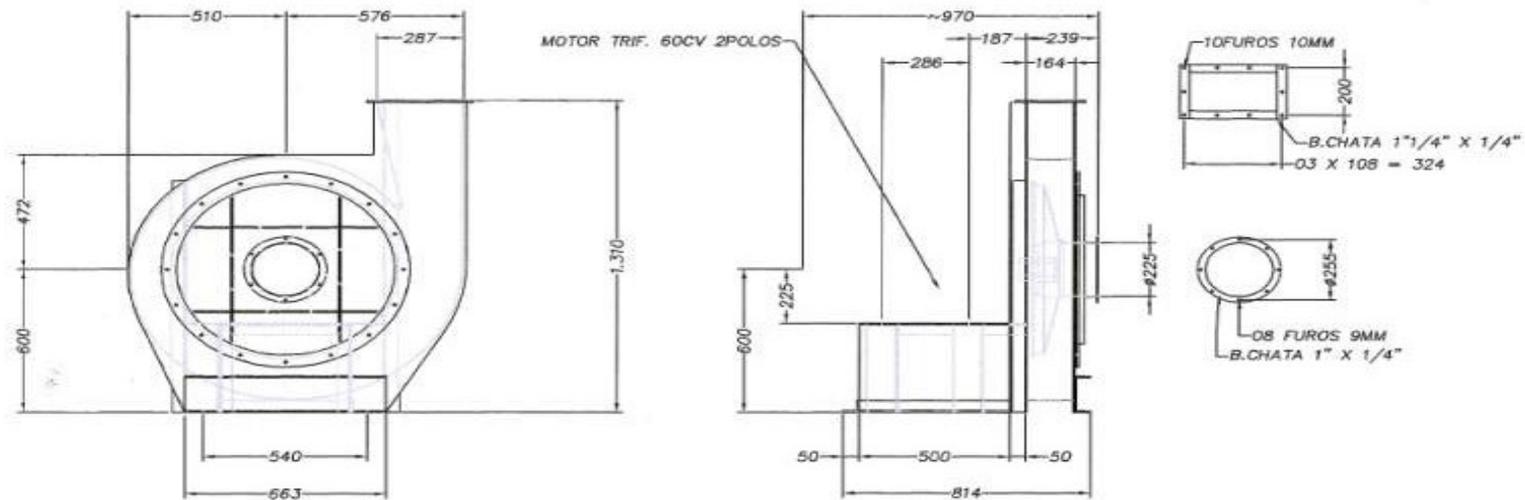
Apêndice M – Dados de produção e consumo da máquina 2 com nova geração ventilador

NOVA GERAÇÃO VENTILADOR - MÁQUINA 2								
DATA	INSTRUMENTISTA	VELOCIDADE	PESO	T ambiente	T ventilador	VENTILADOR		POTÊNCIA CONSUMIDA
		PPM	g	Centígrados	Centígrados	V	A	kWh
29.10.09	LAZARO	281	21,9	29,5	42,5	437	42,6	32,2
29.10.09	LAZARO	280	21,8	28,5	41,5	438	41,5	31,5
29.10.09	LAZARO	283	21,3	28,0	41,5	438	41,5	31,5
29.10.09	LAZARO	283	22,1	28,5	42,0	437	41,8	31,6
29.10.09	LAZARO	284	21,6	28,5	42,5	438	42,4	32,2
30.10.09	LAZARO	281	21,6	29,5	43,0	434	41,9	31,5
30.10.09	LAZARO	280	21,5	29,0	41,5	437	42,5	32,2
30.10.09	LAZARO	284	22,1	29,0	42,0	438	41,7	31,6
30.10.09	LAZARO	282	21,1	28,5	43,0	435	42,6	32,1
30.10.09	LAZARO	280	22,3	29,0	42,5	437	41,4	31,3
30.10.09	LAZARO	282	21,9	29,0	42,0	442	38,0	29,1
30.10.09	LAZARO	283	22,3	29,5	42,5	434	41,5	31,2
30.10.09	LAZARO	283	20,8	28,5	42,0	437	42,1	31,9
30.10.09	LAZARO	281	22,0	29,5	42,5	439	42,5	32,3
30.10.09	LAZARO	281	21,4	28,5	42,5	436	42,5	32,1
30.10.09	LAZARO	283	21,4	29,0	42,5	436	42,5	32,1
30.10.09	LAZARO	280	22,1	29,0	42,5	433	42,1	31,6
30.10.09	LAZARO	284	21,8	28,5	42,5	438	37,5	28,4
30.10.09	LAZARO	283	21,2	29,0	43,0	433	42,7	32,0
03.11.09	LAZARO	282	22,3	28,5	43,5	436	41,7	31,5
03.11.09	LAZARO	283	22,6	29,5	41,5	435	42,0	31,6
03.11.09	LAZARO	280	21,8	29,5	41,5	433	42,0	31,5
03.11.09	LAZARO	283	22,3	29,0	41,5	432	41,2	30,8
03.11.09	LAZARO	282	21,3	29,0	41,5	434	41,6	31,3
04.11.09	LAZARO	284	22,3	28,5	41,5	435	42,4	31,9
04.11.09	LAZARO	282	21,5	29,5	41,5	435	41,7	31,4

Apêndice N – Dados de produção e consumo da máquina 2 com nova geração ventilador

ANEXO

Anexo A – Dimensional do ventilador do sistema de vácuo de formação da fralda



VENTILADOR CAR75 D4-602
VAZÃO 7500M3/HORA PR.ESTÁTICA 1200MMCA



Anexo B – Lista de Definições

Barril de Petróleo: São 156 litros de petróleo;

Consumo agropecuário: Energia utilizada nas unidades agrícolas e agropecuárias;

Consumo comercial: Energia utilizada pelas empresas comerciais e de prestação de serviços;

Consumo final: Energia primária e secundária que se encontra disponível para ser usada na produção de bens e serviços, composta do consumo final não-energético e do consumo final energético;

Consumo final de energia: É a quantidade de energia consumida pelos diversos setores econômicos para atendimento de usos finais (calor de processo, força motriz, iluminação etc.), não incluindo a utilização como matéria-prima para produção de outra forma de energia;

Consumo final energético: Contém o consumo final dos setores energético, residencial, comercial, público, agropecuário, transportes, industrial e consumo não identificado;

Consumo final não-energético: É a quantidade de energia contida em produtos que são utilizados em diferentes setores para fim não-energético;

Consumo industrial total: Energia utilizada pelo setor industrial, nos grupos de atividade: cimento, ferro gusa e aço, mineração e pelotização, não-ferrosos e outros da metalurgia, química, alimentos e bebidas, têxtil, papel e celulose, cerâmica e outros;

Consumo público: Energia utilizada em iluminação pública, poderes públicos e serviços públicos, exceto o setor energético;

Consumo residencial: Energia utilizada pelas residências urbanas e rurais;

Consumo de transportes total: Energia utilizada no setor de transportes, nas modalidades: rodoviário, ferroviário, aéreo e hidroviário;

Consumo não identificado: Energia utilizada que não pode ser classificada em nenhum dos setores anteriores, devido à natureza das informações obtidas;

Energético: Energia utilizada nos processos de produção, extração e transporte interno de produtos energéticos, na sua forma final e nas unidades de apoio do setor;

Eficiência energética: Capacidade de gerar e usar a energia de maneira racional;

Oferta interna de energia: É a quantidade de energia que se disponibiliza para ser transformada ou para consumo final, incluindo perdas posteriores na distribuição;

População: Os valores de população apresentados nesta publicação referem-se às estimativas da população residente, disponibilizadas pelo IBGE, para 1º de julho de cada ano;

Tonelada equivalente de petróleo (tep): É a unidade de energia de referência, correspondendo à quantidade de energia contida em uma tonelada de petróleo de referência. Adotada no Balanço Energético Nacional e em diversas outras publicações internacionais, corresponde a 10.000 Mcal, e não é equivalente ao petróleo médio processado no Brasil.

Autorizo cópia total ou parcial desta obra, apenas para fins de estudo e pesquisa, sendo expressamente vedado qualquer tipo de reprodução para fins comerciais sem prévia autorização específica do autor.

Francisco Savastano Neto

Taubaté, Março 2010.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)