

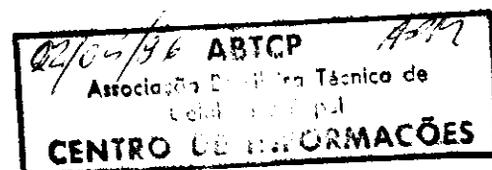


Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel

Otimização do Uso de Energia em Fábricas de Pequeno e Médio Porte

13 e 14 de março de 1996

Instrutor: Manuel Molina



**Cia de Papel
Pedras Brancas**

**Klabin Fabricadora
de Papel e Celulose**

ÍNDICE

<i>CUSTO E CONSERVAÇÃO DE ENERGIA.....</i>	<i>Pg. 01</i>
<i>PANORAMA DOS CUSTOS DE ENERGIA</i>	<i>Pg. 04</i>
<i>DESPERDÍCIOS DE ENERGIA</i>	<i>Pg. 06</i>
<i>EFICIÊNCIA - EFICÁCIA.....</i>	<i>Pg. 07</i>
<i>ENERGIA E MEIO AMBIENTE.....</i>	<i>Pg. 08</i>
<i>GESTÃO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA</i>	<i>Pg. 10</i>
<i>ANÁLISE DE DESEMPENHO DE MOTORES TRIFÁSICOS NACIONAIS.....</i>	<i>Pg. 15</i>
<i>EXEMPLO REAL DE RENDIMENTO DE MOTORES.....</i>	<i>Pg. 18</i>
<i>CONCLUSÕES</i>	<i>Pg. 19</i>
<i>CONSERVAÇÃO DE ENERGIA EM CIRCUITOS DE ILUMINAÇÃO.....</i>	<i>Pg. 20</i>
<i>MANUTENÇÃO E CONTROLE DA ILUMINAÇÃO.....</i>	<i>Pg. 22</i>
<i>ILUMINAÇÃO.....</i>	<i>Pg. 23</i>
<i>ECONOMIA DE ENERGIA NO SISTEMA DE AR COMPRIMIDO</i>	<i>Pg. 25</i>
<i>INSTALAÇÕES DE AR COMPRIMIDO.....</i>	<i>Pg. 30</i>
<i>ABSORVEDORES DE GASES</i>	<i>Pg. 32</i>
<i>QUADRO RESUMO DE INVESTIMENTOS PARA AR COMPRIMIDO.....</i>	<i>Pg. 33</i>

CUSTO E CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

Na atualidade o custo baixo de produção, além da qualidade do produto fabricado, são fatores imprescindíveis para manter a competitividade no mercado.

É evidente que a entre "redução da adoção de medidas para reduzir os custos de energia ou energéticos, é uma medida salutar para as finanças da empresa, porém tem uma grande diferença entre "redução da fatura" e "conservação de energia"

Em geral as empresas não duvidam em fazer investimentos quando o retorno de capital é garantido em curto espaço de tempo, sempre que isto seja demonstrado quantitativamente.

Porém, quando este retorno não esta claramente definido e confirmado , o descaso dos consumidores é muito comum.

Como exemplo, podemos comentar a simples instalação de um chuveiro elétrico, que consome uma potência entre 2.5 e 3.5 KW, com um custo aproximado de US\$ 6.00 a 7.00, e o custo de instalação para alimentar esse chuveiro (usina Hidroelétrica, subestações, rede de distribuição etc.) oscila em torno de US\$ 2.500 / kw, ou seja, é necessário um investimento de US\$ 6.250 a 8.750 para alimentar esse chuveiro.

A adoção de novas tecnologias e equipamentos de melhor rendimento, contribui de forma considerável tanto na redução de custos como na "conservação" propriamente dita. Porém quando avaliamos o retorno financeiro, considerando somente o aspecto da conservação de energia, redução de fatura, dificilmente o investimento se torna interessante, por isso devemos aproveitar as oportunidades que aparecem no dia a dia para implantar pequenas reformas e modificações e corrigir as deficiências existentes.

Para obter sucesso em um programa de conservação de energia devem ser envolvidos todos os órgãos da empresa, desde os serviços auxiliares e administrativos, passando pela manutenção e produção, em todos os níveis hierárquicos, porém não basta estar sabendo do programa, é necessário conhecer a importância do programa e o quanto representa para a empresa e para a sociedade.

O Governo, até agora praticamente único investidor em geração, não tem recursos para novas Usinas Hidroelétricas, o baixo preço de energia, a péssima administração de algumas estatais, falta de pagamento de dívidas, cabides de emprego, interesses políticos, etc. levaram a indústria elétrica nacional a beira da falência.

Paralelamente temos, todos nós, uma obrigação com a sociedade, muito esquecida nos dias de hoje onde o fator "levar vantagem é fartamente popularizado". Esta obrigação com a sociedade refere-se à utilização racional da energia, visto o alto investimento necessário para geração e distribuição por parte das concessionárias.

A quem interessa a conservação de energia:

É comum ouvir ou ler:

a) É menor investimento na conservação de energia do que na geração e transporte de energia.

b) O país não tem recurso da ordem de US\$ 6 a 7 bilhões/ano para investir em geração e manter um crescimento razoável;

c) Não é atrativo para consumidor investir em conservação de energia, pois o custo é barato e o retorno é demorado;

d) Para as concessionárias de energia elétrica, a conservação é contraproducente, pois diminui a receita.

Estas frases não deixam refletir uma realidade, porém observando com mais cuidado cada questão vemos que:

1) Sob o ponto de vista financeiro, o investimento em consumo é muito mais vantajoso que o investimento em geração, pois, entanto que este necessita de investimento de US\$2.000 a 2.500/KW, o primeiro gasta de 200 a 500 para lâmpadas ou eletrodomésticos ou de US\$ 100 a 200 para fornos elétricos;

2) Pode-se concluir que investimentos em conservação de energia representam de 1/3 a 1/5 dos valores necessários para geração e transporte;

3) Do ângulo do consumidor, com as tarifas muito baixas dificilmente se torna economicamente interessante o investimento em conservação, com a aquisição de equipamentos mais modernos e de melhor desempenho.

4) Para as concessionárias, já com muitos calotes de pagamento, quanto "mais faturar" menor prejuízo.

Resumindo:

A conservação de energia elétrica seria:

- a) Para a sociedade um excelente negócio;
- b) Para os consumidores...um mau negócio
- c) Para as concessionárias.....péssimo negócio.

5) Como entender que a soma de péssimos e maus negócios possa ser interessante?

Do outro lado da balança, algumas regiões como Rio-São Paulo estão com os seus recursos hídricos praticamente esgotados, a Região Sul, apesar de ter reservas, estas estão praticamente "empenhadas" para manter o desenvolvimento nos próximos anos.

Como exemplo o Rio Tibagi, dispões de um potencial de aproximadamente 1.500 MW, onde estão previstas as Usinas de Mauá (389 MW), Telêmaco Borba (128 MW), Jataizinho, Cebolão, Tibagi (33 MW), São Jerônimo e Santa Branca.

No Paraná, recentemente foi inaugurada pela Copel a Usina Salto Segredo 1.260 MW (ainda inacabada), estão sendo iniciadas as obras do Salto Caxias 1000 MW.

Além da região Sudeste/Centro-Oeste, que pode chegar a ter uma interdependência de 30%, a Região Nordeste deve ultrapassar este valor, chegando perto dos 50% da energia consumida.

Nestas condições para essas regiões existem somente duas alternativas:

a) Importação de energia, através de longas linhas de transmissão, com os problemas já conhecidos dos transportes a grandes distâncias, ainda aumentados e de perdas elevadas.

b) Instalação de Usinas Térmicas ou Nucleares com custo elevado do MW gerado, poluição, combustíveis não renováveis, etc..

Isto além do elevado custo de investimento e a falta de recursos para geração, transmissão, etc. transforma a energia elétrica, de um produto barato e disponível, em um produto mais caro (atualmente em fase de aumento de tarifas) e principalmente, pode-se tornar estratégico, pela falta e conseqüente racionamento que pode acontecer nos próximos anos.

Em vista destes argumentos, que a conservação de energia (uso racional de energia) passa a ter grande importância para o país e a sociedade como um todo.

Vamos expor neste trabalho algumas das causas de desperdício de energia (elétrica ou térmica) mais comuns e a forma de corrigir ou minimizar essas perdas.

PANORAMA DOS CUSTOS DE ENERGIA

01. RESUMO DO SEMINÁRIO (25 A 27/10/96) EM SÃO PAULO

Custo do KW instalado em hidrelétricas está entre US\$ 1.500 e 2.500. (Salto Segredo +/- US\$ 750).

Custo do KW preservado está entre US\$ 300 e 500.

Pelos padrões europeus, estamos "jogando fora" 1/3 (um terço) da energia.

Nos últimos 20 anos o consumo específico no Brasil cresceu 2,7%, e na Europa reduziu 29,0%.

Energia está próxima de ser um produto estratégico, prevendo-se sua falta para 1998.

Energia nuclear, custo de US\$ 4.000 o KW instalado.

Termoelétrica com gás natural, ciclo combinado, está estimada em US\$ 1.500 o KW instalado. (custo de manutenção é bastante alto).

Custo maior de energia das novas usinas, por exemplo, Porto Primavera, será de US\$120 MWh, quando começar o seu funcionamento.

Países desenvolvidos: solução de energia passa pela educação.

Governo não dispõe de 5 a 6 bilhões de dólares por ano para investimento.

Principais causas:

- alto custo de instalação das usinas.
- péssima administração em alguns casos.
- repasse de capital para iniciativa privada em forma de subsídios de energia. (Estima-se em torno de US\$ 10 bilhões nos últimos 5 anos). Em contrapartida a iniciativa privada reclama da baixa produtividade das estatais.

Da geração de energia do Brasil, 96% é hidroelétrica.

Hoje geram-se 60.000 MW, sendo que o limite hidro é de 200.000 MW, porém o aproveitamento real situa-se em +/- 60% deste valor.

Custo estimado das fontes de energia:

• derivados de petróleo.....	50 a 60 US\$ / MWh
• carvão mineral.....	50 a 65 US\$ / MWh
• gás natural.....	40 a 50 US\$ / MWh
• nuclear.....	60 a 70 US\$ / MWh

Custos de gasoduto:

- diâmetro entre 30 e 32 polegadas..... US\$ 400.000 por km.*
- diâmetro entre 40 e 50 polegadas..... US\$ 600.000 por km*

Hoje o consumidor paga tarifa regulada por custos que são completamente desconhecidos

Não temos parâmetros para avaliar a redução de custos para melhoria da produtividade x aumento de custos e das instalações x melhoria de administração.

DESPERDÍCIOS DE ENERGIA

01. CONCESSIONÁRIAS:

Levantamento da ELETROBRÁS indicam que a perda total de energia em 1995 chegou a 16% do que foi gerado e transmitido.

Dos 250 Tera Watts hora (TWh), produzidos e consumidos no ano passado, perto de 40 TWh foram desperdiçados.

Uma parte da "fuga" é considerada perda técnica normal. É formada pelas perdas do sistemas de geração, transmissão e distribuição e oscila entre 6 e 8% da energia gerada em países desenvolvidos, com instalações consideradas boas.

No Brasil perdas de até 10% são consideradas normais pelo Ministério das Minas e Energia, e estão incluídas no preço da energia paga pelos consumidores.

Dos 40 TWh que "sumiram" em 1995, 25 TWh foram pagos pelos usuários (aproximadamente R\$ 1,7 bil.). Os outros 15 TWh, custaram R\$ 1 bilhão, se perderam.

EFICIÊNCIA - EFICÁCIA

Um programa de conservação de energia, igual a outros, deve ser principalmente dirigido para obter resultados satisfatórios ou seja "ser eficaz".

Se elaboramos um programa baseado em muitas normas e controles, porém com resultados pouco significativos, podemos ter conseguido um trabalho eficiente, porém pouco eficaz.

Por este motivo, é de suma importância que os itens abordados do início ao fim, sejam profundamente analisados para em todo momento obter resultados expressivos e evitar trabalhos altamente burocratizados e de pouca relevância.

Naturalmente que um trabalho eficiente não será um trabalho perdido, porém sempre será muito mais completo se além da eficiência vem acompanhado de resultados positivos (eficácia).

Como exemplo de trabalho eficiente podemos citar o desligamento do ar condicionado, naturalmente que reduzimos o consumo de energia, porém paralelamente cria um desconforto no local de trabalho, fazendo muitas vezes os funcionários abandonar o local, reduzindo a produtividade, criando insatisfação e dando ainda mais prejuízo para a empresa.

Devemos sempre direcionar nossos trabalhos de conservação de energia para aqueles itens que representam desperdício, e nunca para os de segurança e conforto, mesmo que alguns deles tenham um grande efeito psicológico nas pessoas.

Um exemplo de trabalho eficaz pode ser a elaboração de um programa de substituição de discos num moinho em função de parâmetros de produção, evitando que fique trabalhando com baixo rendimento.

ENERGIA E MEIO AMBIENTE

Impactos Globais

(UNICAMP)

Períodos de elevação de temperatura da terra não são conhecidos em passado recente; (aproximadamente 5000 à 7000 anos atrás).

A tendência a elevação das temperaturas médias anuais têm sido associadas ao aumento da concentração da gases na atmosfera, (CO₂, CH₄, N₂O, CHC principalmente).

Efeito estufa - a atmosfera transmite a radiação solar incidente, cujo espectro é predominantemente de ondas curtas (Ultravioleta).

A energia absorvida pela terra é refletida em direção a atmosfera, em ondas de maior comprimento (infravermelho), e quanto maior é a concentração dos gases citados, maior é a parcela absorvida pela atmosfera provocando o aquecimento.

O gás mais abundante é o CO₂, e sua concentração aumenta rapidamente, porém, não é mais nocivo; existem 750 bilhões de T. na atmosfera a são adicionados S, causando desequilíbrio justamente por adicionar carbono, que estava armazenado à milhões de anos.

A destruição de florestas reduz a capacidade de absorção de CO₂ via fotossíntese.

A decomposição da biomassa, queimadas, e oxidação de solos aumenta em 1 bilhão de T/ ano a emissão de CO₂; Dos 6 bilhões de T/ ano, 2,5 bilhões são acrescentados à atmosfera, o resto é absorvido pelos oceanos.

Mesmo com o recente avanço das pesquisas sobre o meio ambiente, tanto a magnitude como os efeitos do aquecimento global não estão perfeitamente avaliados; Alguns estudos concluem que, se a concentração do CO₂ na atmosfera dobra, teremos aquecimentos médios entre 1,3 e 4,5°C , sendo os maiores efeitos nas regiões de maior latitude.

O metano é um componente natural da atmosfera, sendo formado pela decomposição anaeróbica da matéria orgânica; Do ponto de vista do efeito estufa uma molécula de metano é 21 vezes mais efetivas que o CO₂.

O crescimento de metano tem como causas principais: biomassa, crescimento de população de animais, plantio de arroz, vazamentos em minas de carvão, poços e transporte de gás natural.

O N₂O é desprendido da atmosfera através da denitrificação do solo, por decomposição fotoquímica provocando reações que destroem a camada de ozônio; O uso de combustíveis fósseis também leva ao aumento das emissões de gás.

Os CFCS e outros halocarbonatos estão entre os gases mais fortes do ponto de vista do efeito estufa. O CFC-11, por exemplo é 11.000 vezes mais potente que o CO₂ e pode chegar a 400 anos na atmosfera.

CONSEQUÊNCIAS

É muito difícil de se fazer uma previsão segura dos impactos ambientais e sócio-econômicos de um agravamento de um efeito estufa; Por exemplo o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera pode facilitar o crescimento das plantas que absorveriam por sua vez mais CO₂ e anulariam parte do efeito.

As alterações sobre a pluviometria e a umidade do solo também influenciariam sobre o crescimento das plantas .

Como os mecanismos climáticos são muitos complexos e não totalmente conhecidos ,existe muita incerteza quanto as conseqüências do aquecimento global; O que se tem como certo é que por causa dos impactos diferenciados em função da latitude ocorrerão alterações drásticas nas atividades econômicas associadas a agricultura e aos recursos naturais.

Elevações do nível dos mares e oceanos da ordem de 3 a 10 cm por década provocariam inundações e destruição nos litorais.

GESTÃO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA

1. INTRODUÇÃO

A "Gestão de Energia em Indústrias" pode ser entendida como um conjunto de ações que devem ser implementadas de forma organizada e estruturada, visando a maior eficiência no abastecimento, na conversão e no uso da energia. A gestão do uso de energia requer esforços contínuos e não deve ser encarada como um processo estático que se esgota quando algumas de suas metas são alcançadas.

Um programa de gestão do uso de energia tem que ser sempre definido de acordo com as particularidades de cada indústria, em função das características de cada unidade quanto aos processos produtivos, quanto à qualificação e interesse dos trabalhadores e do corpo administrativo, da alocação geográfica da indústria, das prioridades empresariais, das oportunidades de investimento, etc..

2. OBJETIVOS

O objetivo fundamental da gestão energética é o uso racional dos insumos de energia de uma dada planta industrial, um programa com este propósito deve reconhecer os seguintes objetivos dentro da ótica empresarial:

- 1) Reduzir a incidência da energia sobre os custos de produção. Enquanto insumo do processo produtivo, a energia, na forma de eletricidade e/ou combustíveis, incide sobre os custos de forma tanto mais determinante quanto mais energo-intensiva for a atividade de produção;
- 2) Garantir o abastecimento energético e, conseqüentemente, garantir a continuidade da produção. Muitas vezes, e particularmente no Brasil, a energia representa muito pouco em relação aos custos globais, embora seja insumo vital à produção. Nesse sentido, a preocupação deve estar na garantia de abastecimento sob quaisquer condições de âmbito interno ou externo à empresa;
- 3) Viabilizar o aproveitamento de oportunidades de redução de custos. Mesmo que o abastecimento energético represente pouco na estrutura de custos, em função do porte da indústria, é comum a existência de oportunidades reais de redução do consumo de energia e de reduções significativas nas despesas associadas;
- 4) Aproveitar os programas de uso racional da energia no "marketing" da empresa. Na medida em que a sociedade preocupa-se cada vez mais com o meio ambiente, é fundamental a minimização dos impactos diretos.

As ações de um programa de gestão do uso de energia devem estar voltadas, por sua vez, aos seguintes propósitos:

- 1) Otimizar a qualidade dos insumos energéticos utilizados;
- 2) Manter e, se possível, aumentar o nível de produção mesmo com redução do consumo de energia;
- 3) Viabilizar de forma imediata as economias que não requerem investimentos de monta, aproveitando a existência de oportunidades;
- 4) Demonstrar que as medidas que requerem investimentos podem ser rentáveis e amortizadas apenas com as reduções de consumo.

3. SUPRIMENTO ENERGÉTICO

A discussão acerca do suprimento de energia transcende a simples questão de compra de um insumo ao menor custo. Como todos itens importantes à produção em uma indústria, é fundamental que sejam analisados os aspectos da qualidade, da confiabilidade de abastecimento, os vários aspectos relacionados ao meio ambiente, tanto na utilização quanto no armazenamento e no transporte, etc..

Como as decisões associadas ao uso de um insumo energético tem um período de maturação - determinado pela criação da infra-estrutura de abastecimento e pela adaptação do próprio sistema de consumo - e um prazo de amortização e vida útil não desprezíveis, todos os fatores considerados pertinentes não podem ser analisados de forma estática, sendo fundamental a compreensão da evolução verificada no passado e a realização de um exercício prospectivo dentro de um cenário de, no mínimo, médio prazo.

Alguns exemplos podem ser citados em associação à realidade brasileira atual. Por exemplo, a opção pelo uso de um combustível deve levar em consideração, entre vários fatores, os preços relativos das várias opções, a legislação relativa às emissões industriais, a evolução de mercado para certos insumos e a segurança de abastecimento. A possível oferta de gás natural nos próximos anos, em larga escala, poderá deslocar o mercado industrial de óleos combustíveis derivados de petróleo e, conseqüentemente, ampliar sua oferta. Por outro lado, existe a possibilidade de que o uso de gás natural seja regulamentado para certas finalidades industriais, inviabilizando seu emprego em outras aplicações.

Outro exemplo, à tendência de recuperação das tarifas elétricas e às perspectivas de reestruturação institucional do setor elétrico.

4. ANÁLISE DO CONSUMO ENERGÉTICO

Todos os programas de uso racional da energia devem ter como ponto de partida o conhecimento dos consumos e do estado em que se encontram os vários equipamentos de conversão e de uso de energia na indústria. Assim, a primeira das

medidas, não só para a quantificação inicial mas também para o acompanhamento da evolução do desempenho, é a definição de um sistema de contabilidade energética.

4.1 Contabilidade Energética

É desejável a definição de um sistema que permita o conhecimento periódico do consumo de cada um dos insumos energéticos em cada um dos centros de consumo da indústria. É importante que o sistema faça a identificação das variações temporais do consumo em função dos parâmetros determinantes da produção: tipo e qualidade do produto, fator de carga e grau de utilização da capacidade produtiva, etc..

Outro ponto importante é a determinação de relações, tais como o consumo específico por tipo de produto, o rendimento dos processos e da planta em seu conjunto e a incidência dos custos de energia sobre os custos de produção.

A primeira medida é o levantamento periódico - semanal ou mensal do consumo de todos os insumos, tanto em unidades físicas de comercialização quanto em base energética. Para a mesma base temporal de avaliação deve ser feito um acompanhamento similar da produção, tomando-se o cuidado de que essa seja expressa, desde que possível, em uma unidade homogênea. A relação entre as duas avaliações redundará em uma estimativa do consumo específico da fábrica, em seu conjunto.

O conhecimento de um parâmetro de eficiência do consumo de energia para toda a planta, tal como o consumo específico, permite a realização de análises da evolução do desempenho e comparações com dados de fábricas similares, tanto no Brasil quanto no exterior.

Feita a avaliação dos consumos global e específico para a fábrica em seu conjunto, é fundamental que a análise avance com a identificação dos padrões de consumo nas diferentes áreas, zonas ou centros de utilização que compõem a planta. A primeira questão é, evidentemente, a subdivisão do processo nos diferentes subgrupos, o que remete à consideração de dois aspectos: a lógica da produção e a disponibilidade de dados.

5. PROGRAMAS DE GESTÃO E RACIONALIZAÇÃO

A elaboração de um programa de gestão e racionalização do uso de energia em indústrias deve contar com a participação das várias áreas da empresa que, em uma etapa posterior, terão que estar empenhadas na viabilização dos objetivos traçados.

Para que o plano tenha condições de ser viabilizado, algumas condições básicas devem ser atendidas, tais como:

- 1) Os objetivos e as instruções devem estar sempre documentadas e devem estar sempre passadas por escrito. Como vários departamentos e pessoas devem estar envolvidos no programa, é importante que as responsabilidades fiquem claramente definidas;

2) O programa deve ser concreto no que se refere à suas metas e passos intermediários. Para todas as ações devem ser explicitados os passos básicos, o cronograma de execução do trabalho, as responsabilidades, etc.;

3) A justificativa das ações é fundamental para que cada participante da equipe de trabalho conheça exatamente as razões da tarefa executada. Se possível, cada ação deve incluir uma avaliação das perdas a serem reduzidas ou eliminadas e dos ganhos econômicos;

4) A avaliação econômica de todas as medidas propostas é fundamental para que o programa tenha sustentação junto à Direção e ao restante da empresa. Evidentemente a economicidade de cada medida e do programa como um todo é dinâmica e está sujeita à variações dos preços e tarifas dos insumos energéticos, dos custos dos equipamentos e das tecnologias, do contexto econômico-financeiro, etc.;

5) A clara definição de responsabilidades é um dos pontos básicos de todos os trabalhos que são feitos em equipe e um programa de gestão em indústrias não foge, evidentemente à regra.

6) O programa deve ser suficientemente ambicioso em seus objetivos, sem que se aproxime dos limites da infactibilidade, para que desperte o interesse dos mais amplos setores da empresa. É interessante que o programa tenha algo de inovador em termos de métodos, procedimentos e metas para que desperte o interesse de seus membros;

7) A revisão periódica de suas metas e resultados é fundamental. Aqui deve ser entendido que a questão não só é importante do ponto de vista econômico-financeiro, mas também do ponto de vista estratégico, da motivação, da adequação dos procedimentos, da existência de outras alternativas, etc.;

8) O último ponto indica a importância da abrangência do programa dentro da indústria, tanto na fase de elaboração quanto nas fases de execução e avaliação periódica dos resultados.

O trabalho de auditoria energética identificará um certo número de alternativas para a racionalização do uso de energia na indústria, alternativas estas que podem ser classificadas em três conjuntos:

a) dependentes da mentalização e da conscientização dos funcionários;

b) dependentes de pequenos investimentos e/ou simplesmente dependentes de ações de organização (manutenção e alteração dos modos de operação);

c) dependentes de investimentos de maior monta (alteração de materiais e equipamentos, inovações tecnológicas, integração e modernização de processos, etc.)

Em função da complexidade das ações e dos custos associados, as várias alternativas devem ser classificadas como ações imediatas de curto, médio e longo prazos. É importante destacar que a priorização das ações deve obedecer aos critérios e interesses da própria indústria.

Duas observações, no entanto, podem ser feitas em caráter geral. A primeira delas relativa ao trabalho de conscientização dos funcionários, que deve ser uma ação de início imediato mas que deve também, ser contínua ao longo do tempo. A segunda observação deve ser feita quanto às ações cujos investimentos são de maior monta, que devem ser iniciadas em um horizonte de médio prazo dado o tempo de preparação, implementação e maturação dos investimentos.

O programa deve ser organizado com uma especial atenção quanto ao aspecto econômico de cada ação e quanto à sua viabilidade em si. O primeiro ponto claro é que as ações devem ser priorizadas quanto à economicidade, segundo a lógica da empresa em questão. O segundo aspecto é que cada medida adotada precisa ser avaliada quanto a seus resultados e seus benefícios, inclusive para reforçar o papel do programa dentro da empresa. O terceiro aspecto está ligado à natureza dinâmica do programa, o que aponta para a definição de instrumentos de reavaliação periódica das prioridades, estratégias e resultados.

Os recursos de informática permitem a organização do programa de forma a que esta tarefa possa ser executada com rapidez e precisão.

ANÁLISE DE DESEMPENHO DE MOTORES TRIFÁSICOS NACIONAIS

O mercado de motores elétricos de indução trifásicos, durante a década de 80 atingiu algo mais de 2000 unidades por dia, sendo aproximadamente:

- a) 33% até 1 CV
- b) 55% de 1 CV até 10 CV
- c) 10% de 10 CV até 50 CV
- d) 2% acima de 50 CV, ou seja = 88% dos motores com potência inferior a 10 CV

Em pesquisa efetuada pela EFEI/FUPAI, com coordenação da CEMIG e recursos do PROCEL, foram levantados alguns dados interessantes:

01) Os motores denominados de alto rendimento" pelos fabricantes, tem um peso maior que os convencionais, o que também indica que os esforços para redução da relação peso/redução de custo não são bem sucedidos.

Se considerarmos a vida média de um motor em 10 anos, com fator de carga de 50% as perdas neste período podem representar mais de cinco vezes o preço inicial do motor, por isso é de suma importância uma especificação uma especificação correta do motor.

Dentro desta escolha, devemos levar em conta:

- 1) O tipo de acionamento
- 2) Número de partidas por hora
- 3) Grau de intermitência
- 4) Potência e velocidade de carga
- 5) Momento de inércia
- 6) Condições de partida
- 7) Classe de Tensão
- 8) Rendimento
- 9) Fator de potência

As características de rendimento de motores devem ter uma parte horizontal ou seja de rendimento praticamente constante, que segundo as normas NEMA é desejável para valores entre 40 e 110% da potência nominal do motor.

O rendimento de um motor vendido pela fórmula:

$$\eta = \frac{\text{Potência Mecânica no eixo}}{\text{Potência elétrica medida na entrada}} \times 100$$

No Brasil, a característica de "rendimento constante" não foi observada nos ensaios feitos com os motores denominados "normais", conforme problemas verificar no gráfico.

Por não existir uma norma clara e única a respeito da determinação de perdas e ensaios de rendimento, é que a simples comparação de dados de catálogo, induz, muitas vezes a tomar decisões erradas com respeito ao desempenho dos equipamentos.

Podemos destacar dois tipos de ensaios:

a) Métodos diretos:

- Ensaio através de freio mecânico.
- Ensaio com dinamômetros.
- Ensaio com máquina calibrada
- Ensaio de oposição elétrica e mecânica.

b) Métodos indiretos:

- Determinação das perdas por separado para soma
- Determinação das perdas totais
- Circuito equivalente
- Diagrama do círculo

As perdas de um motor podem ser classificadas como:

- 1) Perdas por efeito Joule, Histerese e Foucault no estator e rotor sendo que as do primeiro, representam a maior parte das perdas totais;
- 2) Perdas em vazio (ventilação, atrito nos rolamentos ou mancais e perdas no ferro);
- 3) Perdas suplementares. Estas perdas conforme a NBR não devem ser além de 0,5% da potência nominal do motor, contudo, foram observados valores entre 4 e 30,6% das perdas totais;
- 4) Em motores especiais, ou pequenos motores, as perdas a vazio são bastante significativas, e apresentam uma gama bastante ampla variando de 6 a 17% da potência nominal;
- 5) Em motores acima de 15 CV esta faixa oscila entre 3,5 e 8%, mantendo-se praticamente constantes com a variação de carga no motor e que podem representar de 30 a 60% das perdas totais;
- 6) Da comparação dos resultados de perdas de quatro fabricantes diferentes, podemos deduzir que ainda pode ser feita muita coisa no sentido de melhorar a qualidade e reduzir as perdas, principalmente em motores pequenos, onde temos diferenças de até 6%.

Outro item que merece comentários é a diversidade de soluções aplicadas tanto na fabricação como na manutenção dos equipamentos que alteram as características originais tais como:

- a) *Seção, quantidade e qualidade dos condutores;*
- b) *Entre ferro (reatancias de magnetização e dispersão);*
- c) *Dispersão do bobinado do estator;*
- d) *Qualidade das chapas "isolação magnética";*
- e) *Formato das ranhuras;*
- f) *Barras do rotor (resistência e reatância de partida) e que causam alterações de algumas características como:*
- *Corrente de partida*
 - *Conjugado de partida*
 - *Corrente nominal*
 - *Fator de potência, etc, etc..*

EXEMPLO REAL DE RENDIMENTO DE MOTORES

01. POTÊNCIA DE 250 HP; 440 VOLTS; 60 HZ E 1740 RPM:

Características da máquina aciona:

- bomba centrífuga para água morna;
- válvulas de sucção e recalque de 100% abertas e
- níveis dos tanques de sucção e recalque constantes.

Quadro de valores medidos	motor A	motor B
corrente	285 A	362 A
tensão	443 V	441 V
temp. carcaça (const. semelhante)	86 C	138 C
fator de potência (placa)	0,85	0,85
fator de potência (real)	0,86	0,68
potência ativa (KW)	186,50	188,00
potência aparente (Kvar)	218,50	276,00
classe de Isolação	F	F

-OBSERVAÇÃO: motor ligado na mesma posição, acionando a mesma bomba centrífuga.

CONCLUSÕES:

- *As características de placas de equipamentos podem ser totalmente enganosas, devendo por tanto, realizar (ou exigir) testes de qualidade e de desempenho.*
- *O fator de potência totalmente fora de especificação.*
- *A vida do motor, sem dúvida será muito curta, haja visto que a cada aumento de temperatura de 10C a vida do isolamento cai para a metade.*
- *Outra característica que devemos cobrar, de forma mais rigorosa, é o famoso "alto rendimento", muito usado como Marketing de venda, e nem sempre real. em testes realizados na empresa, os novos motores de alto rendimento, na realidade possuem desempenho semelhante aos fabricados na década de 70.*

CONSERVAÇÃO DE ENERGIA EM CIRCUITOS DE ILUMINAÇÃO

Os circuitos de iluminação também podem representar um importante parâmetro na conservação de energia, sem prejuízo do nível de iluminação necessário às atividades desenvolvidas.

Como no resto das instalações, o primeiro passo deve ser dado na fase de projeto com a escolha adequada dos materiais e a distribuição correta de acordo com as necessidades do empreendimento. Cabe observar:

- 01) Eficiência luminosa, ou seja lumens por Watt do tipo de lâmpada escolhida;
- 02) Reprodução de cores/cor da lâmpada de acordo com o tipo de trabalho a ser realizado no local;
- 03) Vida útil e análise da curva de eficiência ao longo da vida útil. Comparar dados de catálogo com desempenho real da lâmpada .
- 04) Tipos de luminárias e difusores;
- 05) Custos de equipamentos e instalações, análise custo/benefício;
- 06) Identificação de circuitos, eliminação de circuitos mistos (iluminação interna-externa);
- 07) Uma vez a instalação pronta, e normal observar deficiências que não foram previstas no projeto, seja por inexperiência do projetista, falta de informação, ou modificação de montagem, etc. Aqui cabe avaliar pelas equipes de operação e manutenção a viabilidade de introduzir alterações para corrigir as deficiências é comum que estas deficiências se perpetuem por anos e anos, pois geralmente não afetam diretamente a produção, ficando ao descaso permanente.

Nestes casos sempre com análise custo/benefício realista deve-se proceder ao estudo de separação de circuito, eliminação de pontos desnecessários, deslocamento de luminárias etc., a fim de corrigir as deficiências.

Em instalações já em operação, a eficiência da iluminação depende em grande parte das condições de manutenção e limpeza de refletores e difusores.

Em geral sempre que possível os difusores devem ser evitados, pois representam uma perda de 10 a 30% sua eficiência luminosa, porém esta medida muitas vezes é inviável devido a necessidade de proteger as lâmpadas, possibilidade de ofuscamento, etc.

Na hora de fazer manutenção, devemos sempre verificar a possibilidade de substituir equipamentos de baixo rendimento por outros mais apropriados e de menor consumo.

Da análise do quadro a seguir observamos que dependendo do tipo de lâmpada, luminária e reator podemos melhorar em muitos casos o nível de iluminação sem aumentar, ou até diminuir a potência instalada.

Tipos de Lâmpada

TIPOS	POTÊNCIA (W)	EFICIÊNCIA LUMENS/WAT T	REPRODUÇÃO CORES	VIDA MÉDIA (horas)	REATOR
<i>Incandescente</i>	<i>15 - 1000</i>	<i>10 a 20</i>	<i>Excelente</i>	<i>1.000</i>	<i>N</i>
<i>Mista</i>	<i>160 - 500</i>	<i>15-25</i>	<i>Moderada</i>	<i>6.000</i>	<i>N</i>
<i>Fluorescente</i>	<i>15 - 110</i>	<i>45 - 90</i>	<i>Boa</i>	<i>7.500 a 12.000</i>	<i>S</i>
<i>Vapor de Mercúrio</i>	<i>80 - 1000</i>	<i>40 - 60</i>	<i>Moderada</i>	<i>12.000</i>	<i>S</i>
<i>Vapor de Sódio AP</i>	<i>50 - 1000</i>	<i>60 - 130</i>	<i>Deficiente</i>	<i>16.000</i>	<i>S</i>

Outro ponto de suma importância a ser avaliado é o tipo e qualidade dos reatores. Os reatores de boa qualidade tem perdas reduzidas no ferro e no cobre, consumindo menos energia, o que pode representar uma redução de até 10% de consumo na instalação.

Outro item a ser observado é o fator de potência dos reatores, alguns já com condensador incorporado que reduzem as perdas por efeito joule, sobre carga nos condutores, ainda que normalmente sejam mais caros. Como as características de placa, infelizmente nem sempre são verdade, a potência efetiva do reator pode ser menor que indicada, reduzindo o fluxo luminoso da lâmpada e muitas vezes a vida útil da mesma.

Nestes casos a exigência de garantias de qualidade e testes de aceitação ajudaria em muito para eliminar "oportunistas" do mercado.

MANUTENÇÃO E CONTROLE DA ILUMINAÇÃO

A manutenção deficiente é um dos principais fatores de desperdício de energia em instalações de iluminação.

Para um controle eficaz é indispensável contar com equipamentos de medição (luxímetro) que permite acompanhar o nível e o rendimento luminoso nos diferentes pontos de iluminação.

Com intervenções de manutenção programadas incluindo limpeza de luminárias e substituição sistemática de lâmpadas podemos conseguir manter as instalações com bom padrão de iluminação e eficácia produtiva dos funcionários ,pois Não podemos esquecer a influencia de uma boa iluminação tem no desempenho das pessoas.

Paralelamente, em áreas de iluminação externa a colocação de fotocélulas e temporizadores bem regulados de acordo com a época do ano auxiliam na conservação de energia.

Outro item importante é o aproveitamento da iluminação natural (telhas transparentes ,ampas vidraças ,etc. .na iluminação de ambientes).

ILUMINAÇÃO

01. LÂMPADAS:

A substituição de lâmpadas incandescentes tradicionais por "mini fluorescentes", podem ser assim comparadas:

lâmpada	potência	vida útil	manutenção
- incandescente	100 W	500 hs (?)	20 x 3 = US\$ 60
- fluorescente	23 W	10.000 hs	US\$ 30

A economia de energia, considerando 10.000 hs:

$$1.000 \text{ kw} - 230 = 770 \text{ kw}$$

$$\text{-mínima } 770 \times 49,66 = \text{US\$ } 38.20$$

$$\text{-máxima } 770 \times 119,20 = \text{US\$ } 91.80$$

Total com uma lâmpada, entre US\$ 38.20 e 91.80 somando-se mais US\$ 30.00 de manutenção.

Quadro orientativo do custo de energia:

classe	unidade	Custo em R\$
residencial	MWh	119,20
rural cooperativo	MWh	49,66
rural não-cooperativo	MWh	70,29
comercial	MWh	112,14
industrial	MWh	> = 60,00

OBSERVAÇÕES:

- custo da lâmpada no mercado nacional é de US\$ 28 a 33.
- custo no mercado europeu é entre US\$ 12 e 16.

JUSTIFICATIVA: (?)

- *baixa demanda ?*
- *aproveitamento da oportunidade ?*
- *tecnologia de fabricação cara ?*

Devemos mostrar interesse e "forçar a barra" para reduzir o preço. A margem é muito grande.

ECONOMIA DE ENERGIA NO SISTEMA DE AR COMPRIMIDO

Existem diversas causas de desperdício de energia em uma instalação de ar comprimido, vejamos:

- 01) Baixo rendimento dos compressores;*
- 02) Equipamentos de controle desregulados;*
- 03) Instalações inadequadas;*
- 04) Utilização indevida de ar comprimido;*
- 05) Vazamentos;*
- 06) Sistema de secagem de ar.*

Vamos descrever algumas das medidas corretivas que normalmente estão ao nosso alcance:

01)BAIXO RENDIMENTO DOS COMPRESSORES:

Cada compressor deve ter definida a faixa de rendimento econômico de operação.

Isto pode ser determinado facilmente com medição por tubos "U" com placa de orifícios , e acompanhar o específico de energia ,fazendo intervenções de manutenção ou limpeza ao atingir os limites pré-determinados, que naturalmente serão diferentes para cada instalação.

A captação do ar ,além de ser em local despoluído de gases ,vapores e pós, deve ser também em local fresco ,pois como orientação podemos considerar que um aumento de 50C na temperatura do ar aspirado ,representa um aumento de consumo de 1% de energia.

A limpeza nos filtros de sucção é também de suma importância para o bom rendimento do compressor pois para 250mm de coluna de água na sucção o rendimento do compressor cai aproximadamente 2%.

Em máquinas problemáticas ,sempre devemos fazer um avaliação

múltiplas dos problemas apresentados para ter uma noção correta da necessidade de substituição. Devemos por tanto analisar:

- a) custos de manutenção (peças e mão de obra);
- b) custos de perdas de produção;
- c) custo de baixo rendimento energético;
- d) outros (vazamentos de óleo, ar, etc.).

02) EQUIPAMENTOS DE CONTROLE DESREGULADOS :

Este também é um item ao qual não se dá uma devida importância, pois em geral o sistema aceita oscilações.

Os equipamentos de controle devem sofrer inspeções periódicas e ser mantido dentro dos parâmetros corretos ,evitando compressores durante grandes períodos de tempo trabalhando a vazio(aliviados)ou pressão acima da necessidade.

Onde houver trocadores de calor ,fiscalizar o diferencial de temperatura para providenciar limpeza quando fica acima dos parâmetros pré -determinados.

É natural que as condições e características sejam diferentes de equipamentos para equipamentos ,e também de fábrica para fábrica ,por isso cada empresa deve desenvolver seu próprio sistema ,baseado nas orientações do fabricante do equipamento .

O esticamento correto das correias e o estado das polias ,também influi no rendimento do compressor .

03) INSTALAÇÕES INADEQUADAS:

Este item é responsável por boa parte das perdas ,pois além de possíveis perdas de carga e vazamentos ,muitas vezes temos desperdícios elevados por tomadas inadequadas e falta de purgadores, fazendo que os usuários passem tempo jogando ar comprimido para a atmosfera para "purgar" a umidade.

Como itens a ser considerados podemos enumerar:

- a) A variação entre a pressão medida na central e a extremidade das instalações não deve ser superior a 0,5 bar. esta variação em uma instalação de 7,0 bar representa um aumento de energia de 3%.

b) Pressão adequada para operação de ferramenta (quedas de pressão de 0,7 a 2,1 bar na entrada da ferramenta reduzem a potência entre 14 e 55% caindo portanto o rendimento da mesma).

c) Estudar bem na fase de projeto e instalação a minimização de curvas 90º com raio baixo ,dando preferência as de grandes raios, assim como dimensionar corretamente o diâmetro das tubulações ,evitando velocidades acima de 30m/seg.

d) Todas as tomadas de ar devem ser feitas pela parte superior da tubulação para evitar ar úmido.

e) Instalar a cada 50 ou 60 m (máximo) separadores de umidade com purgadores automáticos.

f) Manter um programa de inspeção de :

- 01) Filtros de captação
 - 02) Vazamentos
 - 03) Purgadores
 - 04) Estado dos compressores
- Com intervenções corretivas de manutenção.

g) Redução de pressão

Manter sempre a pressão de ar da instalação de acordo com as necessidades da operação ,já que comprimir o ar acima da pressão necessária também causa um desperdício de energia.

QUADRO COMPARATIVO DE ECONOMIA DE ENERGIA DA PRESSÃO

COMPRESSORES	REDUÇÃO DA PRESSÃO DE 7,0 BAR PARA:	
01 ou 02 estágios	6,4 BAR	5,6 BAR
Resfriado a água	4 %	11 %
Resfriado o ar	3 %	7 %

h) Em trechos retos e horizontais dar quedas na tubulação de 01 a 02% no sentido da direção do ar ,instalando separadores e purgadores automáticos de bóia nos pontos mais baixos para eliminar água/umidade.

04)UTILIZAÇÃO INDEVIDA DE AR COMPRIMIDO:

Devemos relacionar neste item todos os usos inadequados do ar ,e divulgar para conhecimento dos usuários , exemplo:

a) Utilizar ar comprimido para limpeza é um a má aplicação , mas ainda é pior quando utilizado para "espalhar" a sujeira;

b) Resfriamento de mancais ou rolamentos ,pode ser um "quebra galho" a curto prazo , porém é incorreto quando vira "solução" a longo prazo;

c) O uso de ar comprimido para limpeza pessoal também é impróprio, pois além do risco de provocar acidentes com ciscos nos olhos ,a limpeza é precária ,mesmo com a sensação agradável de se ver amenizado do pó.

05)VAZAMENTOS :

Os vazamentos de ar comprimido também tem um custo elevado . Podem ser dos mais variados tipos ,como:

- a) Furos na tubulação geral
- b) Emendas ou juntas defeituosas
- c) Mangueiras furadas
- d) Purgadores mal instalados ou mal especificados
- e) Equipamento impróprio é bastante comum observar mangueiras sem registro ,onde o operador por falta de recursos fica perdendo ar durante determinada operação ,sendo em muitos casos ,maior a quantidade de ar desperdiçado que a realmente necessária para efetuar o serviço .

A seguir quadro orientativo que mostra o consumo de energia perdida por vazamentos :

VAZAMENTO Ø em mm	PERDA EM l/min.	POTÊNCIA NECESSÁRIA	CONSUMO ANUAL Kwh
0,8	12	0,1	864
1,5	186	1	8.640
3,0	660	3,5	30.240
6,0	2.570	15	129.600

Este quadro foi elaborado para uma pressão de bar durante um ano de trabalho (8.640 h).

Levando-se em conta que o custo MWH pode chegar a US\$ 60,00 e somando todos os vazamentos e desperdícios de uma instalação, vemos que com um programa eficaz de operação e manutenção podemos conseguir uma redução substancial na conta de energia elétrica.

06) SISTEMA DE SECAGEM DE AR:

A água é altamente nociva para as instalações de ar comprimido, pois provoca oxidação de tubulações e equipamentos, encurtando a vida dos mesmos, deteriorando a rede e aumentando as perdas por vazamento.

Uma central de ar comprimido a 7,0 bar de pressão com capacidade de 1.000 Nm³/h arrasta aproximadamente 10,5 litros de água por hora, dos quais aproximadamente 50% são eliminados no condensador, 10 a 12% no reservatório, e aproximadamente 30% no secador ficando o ar com o restante 7 a 10% (+ ou - 0,7 Kg/h) o que resulta em um ar de condições bastante razoáveis.

Um cuidado especial com toda instalação de secagem de ar é o controle da pressão diferencial de entrada e saída, definindo os valores que indicam quando há obstruções e perdas de pressão por entupimentos, etc. , e que recomendam intervenções imediata.

RESUMO

Não existem milagres para a conservação de energia nas instalações de ar comprimido e sim a aplicação racional dos princípios de "bom senso".

A primeira grande oportunidade de conservação aparece na hora do projeto da instalação.

- 1. Escolha de máquinas de alto rendimento*
- 2. Local adequado, limpo, fresco e seco;*
- 3. Dimensionamento correto das instalações;*
- 4. Localização adequada de drenos e purgadores;*
- 5. Programa de inspeção e manutenção adequada;*
- 6. Programa de uso correto do ar comprimido.*

INSTALAÇÕES DE AR COMPRIMIDO

01. APRESENTAÇÃO:

Como qualquer instalação é de suma importância mantê-la em boas condições técnicas ,haja visto que normalmente ,parte deste ar é utilizado para acionamento de controles ,que influenciam diretamente na qualidade do produto final.

A instalação em questão, consta de 5 (cinco) compressores centrífugos, marca CENTAC C-21, rotativos e acionados por motores de 500 HP e 6.600 volts.

A captação do ar ,com lavagem simples em torre.

02. AVALIAÇÃO INICIAL:

As linhas de ar comprimido,são projetadas em anel (circuito fechado).Ar de serviço de tubulação de 8 a 10 polegadas e a de instrumento em 6 polegadas de diâmetro,onde são alimentadas pelos compressores.

Tais compressores possuem um baixo rendimento (aproximadamente entre 36 e 40 Nm³/min) e um elevado custo de manutenção principalmente em :

- coolers e mancais radiais e axiais:onde são substituídos entre 8 e 10 meses.*
- purgadores dos compressores com manutenções constantes*
- impellers e difusores com desgastes,ataque químico e substituições frequentes,que variam entre 8 e 12 meses.*
- em média uma intervenção em cada compressor,em intervalos de 6 a 8 meses.*
- grande desperdício de ar para eliminar a água.*

As frequentes intervenções nos equipamentos que se utilizam do ar comprimido ,seja por entupimentos,ataques químicos ,etc,além de provocarem perdas de produção,afetam a qualidade dos produtos.

Baseados nestes dados e aplicando os princípios da DAF,mas a metodologia JURAN,para falar a linguagem do dinheiro ,foram definidas as seguintes intervenções:

- colocação de separadores de umidade e purgadores no anel principal e dos consumidores;*
- instalação de um sistema de tratamento de ar com carvão ativado (WESTVACO)na captação,para eliminar componentes corrosivos do ar :*

- utilização da torre de lavagem existente para refrigeração da sala de compressores; e
- modificação dos trocadores de calor do circuito de óleo,baixando a temperatura para +/- 43C.

03. RESULTADOS OBTIDOS:

a) mensuráveis:

- *manutenção dos compressores passou a ser realizada a 24 meses;*
- *a durabilidade dos coolers aumentou,passando de 10 m,eses para os nacionais e 16 para os importados ,para 24 meses, mantendo-se ainda em boas condições de uso;*
- *a produtividade dos compressores aumentou de 36 a 40 Nm³/m para 45 a 47 Nm³/m;*
- *a substituição dos motores para limpeza nos bombinados (carvão,óleo,pó,etc)passou dos 8 a 12 meses para 24 meses;*
- *mancais axiais e radiais,assim como impellers e difusores,após 24 meses,ainda estão em bom estado,dando condições de recuperação, ou seja limpeza e polimento.*

b) não mensurados:

- *desperdício mínimo de ar por eliminação de água do circuito geral;*
- *redução de problemas operacionais e de manuteção por ataque químico dos gases corrosivos contidos no ar;*
- *maior confiabilidade do sistema,permitindo-se redução no tempo de inspeção e proporcionando maior disponibilidade de mão de obra.*

ABSORVEDORES DE GASES

Principais Características:

- *Pré filtro de entrada com eficiência de 30%;*
- *Ventilador industrial com motor e damper (capacidade total 6.800 + 10.200 = 17.000 m³/h, 15 + 20 HP);*
- *Tanque de absorção em aço inox com suporte para carvão ativado peletizado, tipo NUCHAR e dois pós filtros com eficiência total de aproximadamente 95 a 99%;*
- *Manômetros diferenciais de pressão para acompanhar estados dos filtros;*

Principais propriedades do carvão ativado:

- *Densidade 482 Kg/m³*
- *Formato cilíndrico*
- *Atividade para Butano 28%*
- *Capacidade de retenção de H₂S (70,6 Kg H₂S/ m³ carvão).*
- *Capacidade de retenção de CL₂ (65,8 Kg/ m³ carvão)*
- *Duração Média de carga de carvão (12 meses)*
- *Custo da carga + filtros (anual) US\$ 16.500*
- *Conjunto de pós filtro, formado por duas unidades em série com eficiência de 65 e 95% respectivamente que fornecem uma pressão na sucção de 140 mm CA.*

QUADRO RESUMO DE INVESTIMENTOS PARA AR COMPRIMIDO

• Absorvedor de gases WESTVACO 4000	US\$ 38.800
• Absorvedor de gases WESTVACO 6000	US\$ 44.500
• Impostos + transporte	US\$ 45.700
• Montagens	US\$ 69.000
• TOTAL	US\$ 198.000

Redução de custos de manutenção por compressor para período de 24 meses

• Coolers.....(US\$ 18.000 e 20.000)	: US\$ 19.000
• Mancais.....(US\$ 34.500 e 41.200)	: US\$ 37.850
• Impellers/Difusores (US\$ 38.000 e 46.000)	: US\$ 42.000
• Mão de Obra	: US\$ 1.056
• TOTAL	US\$ 99.906

*Ou seja US\$ 49.953 / ano, como tem 4 unidades em operação a economia total será de:
49.953 x 4 : 199,812 US\$/ano*

Melhoria de rendimento médio de 8 N m³/m. por cada compressor , o que representa aproximadamente 20%.

ANEXOS

GERENCIAMENTO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA

GESTÃO DE ENERGIA

A gestão de energia deve ser entendida como um conjunto de ações que devem ser implementadas de forma organizada e estruturada visando maior eficiência no abastecimento, conversão e uso da energia.

CUSTO DA GERAÇÃO DE ENERGIA

De 1500 à 2500 US\$/KW

CUSTO DA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

De 300 à 500 US\$/KW

REDUÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL

SUPRIMENTO ENERGÉTICO

1. Compra do insumo ao menor custo, desde que sejam satisfeitos os requisitos de:

a. Qualidade

b. Confiabilidade

c. Meio ambiente

d. Transporte/armazenamento

ETAPAS

DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS E AÇÕES

- a. Reduzir o impacto da energia nos custos de produção, otimizando a qualidade dos insumos energéticos;**
- b. Garantir o abastecimento energético x continuidade de produção;**
- c. Viabilizar o aproveitamento de oportunidades de redução de custos.**

ANÁLISE DO CONSUMO ENERGÉTICO

1. CONTABILIDADE ENERGÉTICA:

a. Definindo um sistema que permita o conhecimento periódico do consumo de cada um dos insumos energéticos para cada centro de consumo;

b. Determinação dos consumos específicos por tipo de produto, comparação/avaliação; definição de parâmetros;

c. Diagrama de Sankey - tabulação

2. AUDITORIA ENERGÉTICA

a. Análise técnica dos componentes de cada processo;

b. Balanços de produto x energia - levantamento de dados;

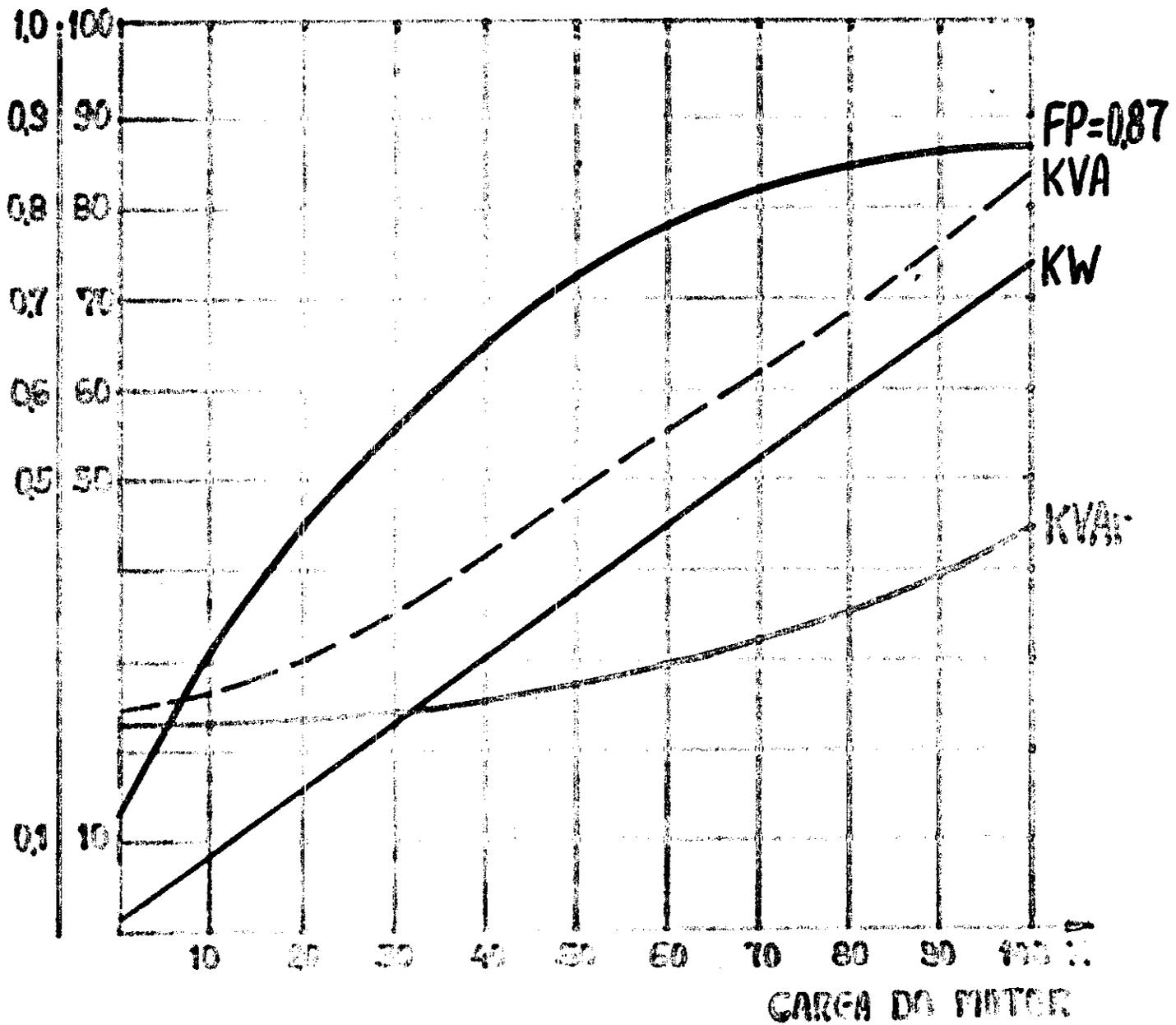
c. Diagrama de blocos, determinação de específicos.

PROGRAMAS DE GESTÃO E REACIONALIZAÇÃO

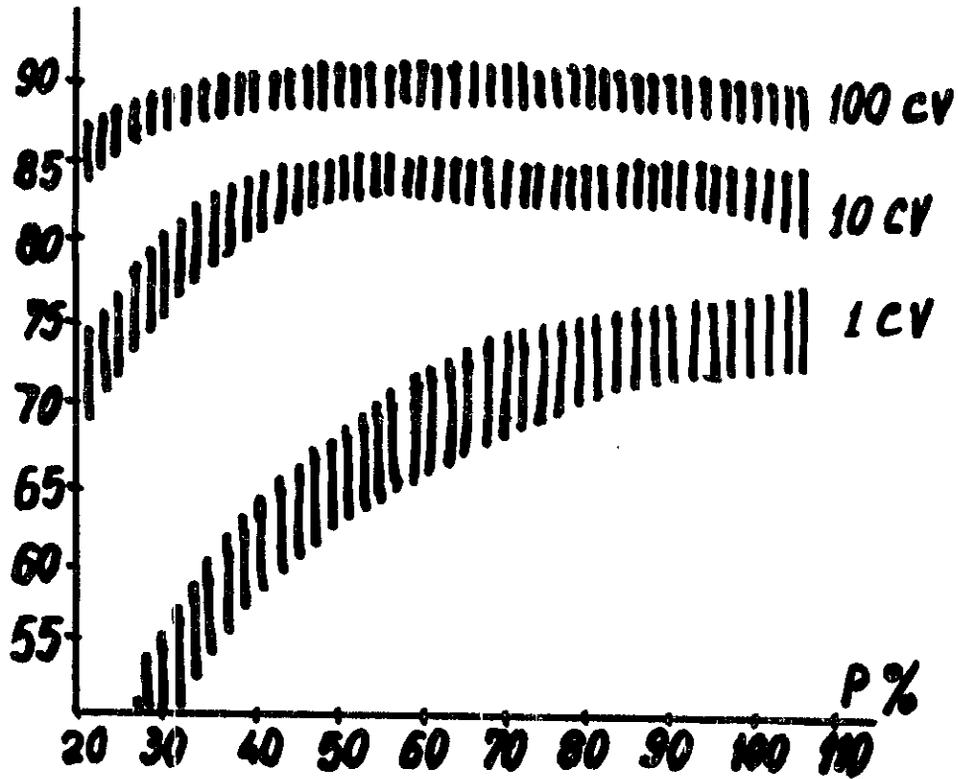
- 1. Deve contar com a participação das áreas envolvidas;**
- 2. Documentar por escrito objetivos e instruções;**
- 3. Metas, ações e passos intermediários bem definidos;**
- 4. Justificativa das ações;**
- 5. Avaliação econômica;**
- 6. Definição de responsabilidades;**
- 7. Cronograma, abrangência, revisões, etc.;**
- 8. Recursos Humanos necessários.**

VARIAÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA DE UM MOTOR DE INDUÇÃO EM FUNÇÃO DA CARGA NO EIXO

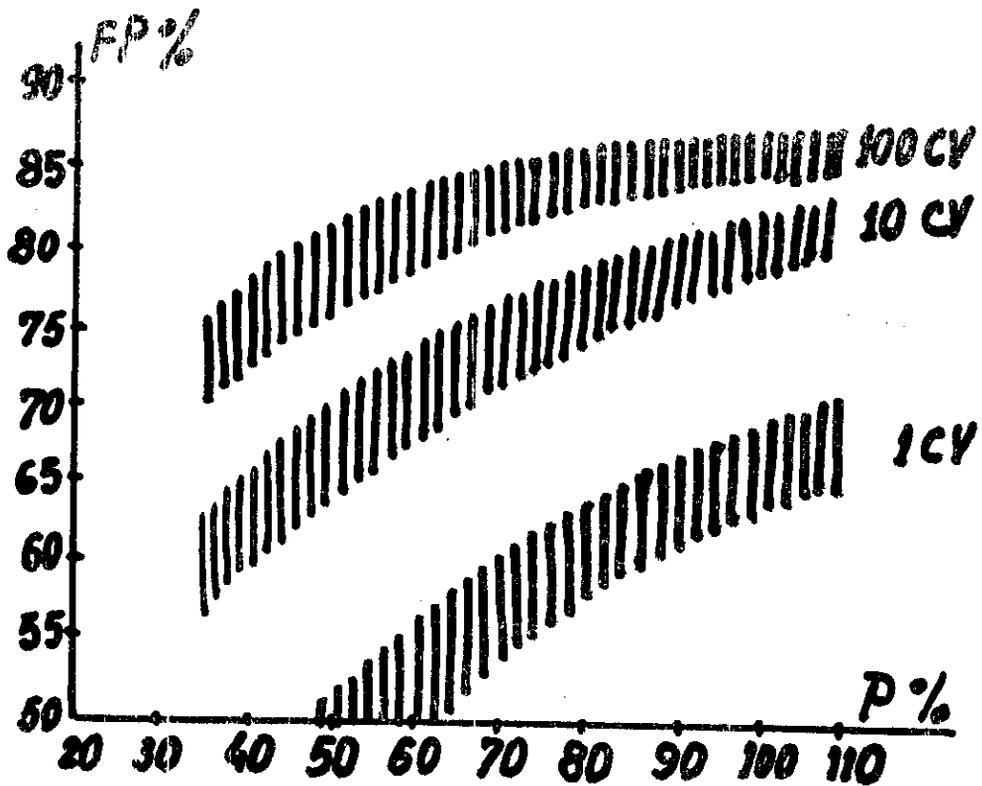
FATOR DE POTÊNCIA
POTÊNCIA DO MOTOR



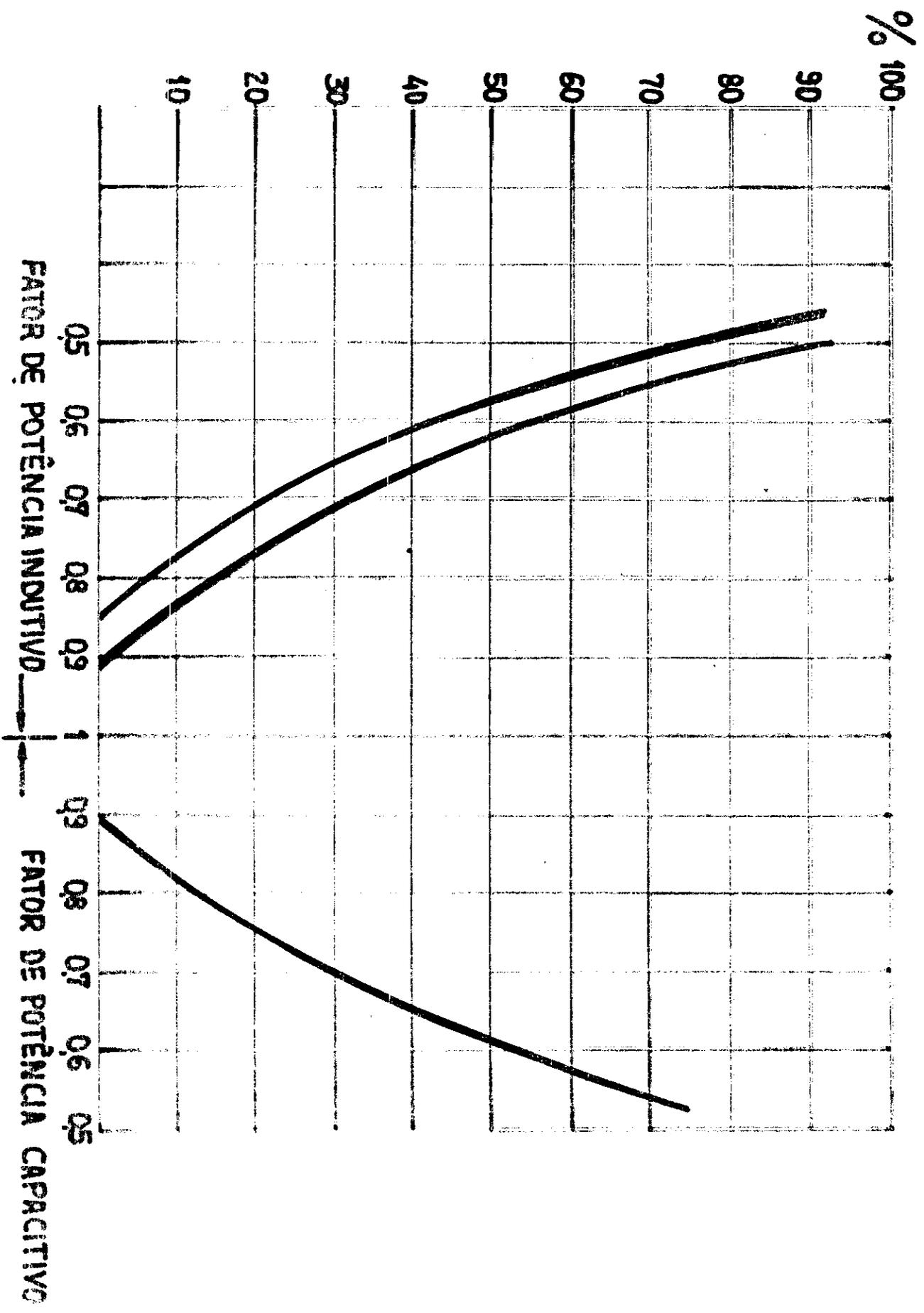
η%



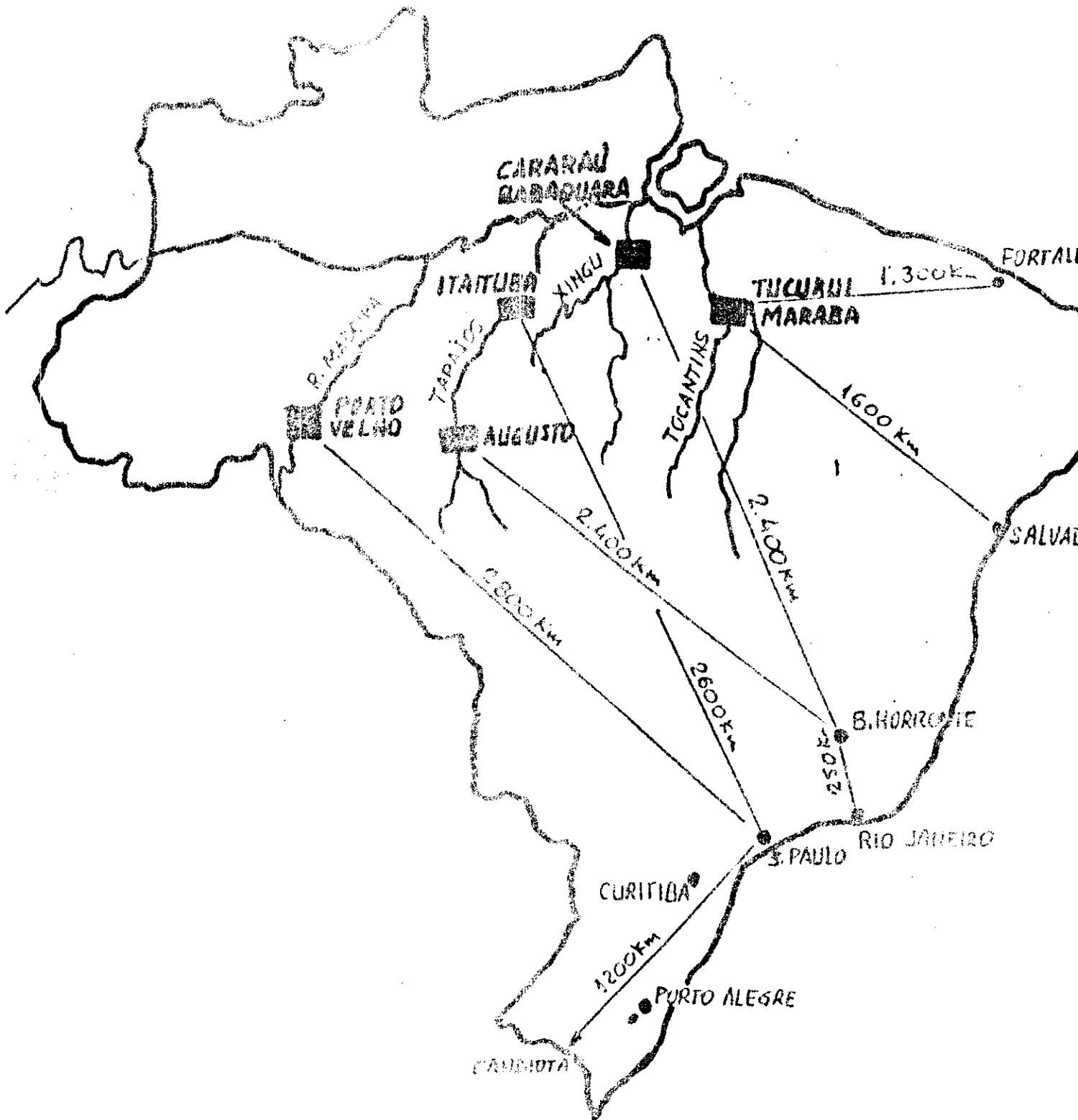
CURVAS DE RENDIMENTO X POTENCIA NO EIXO

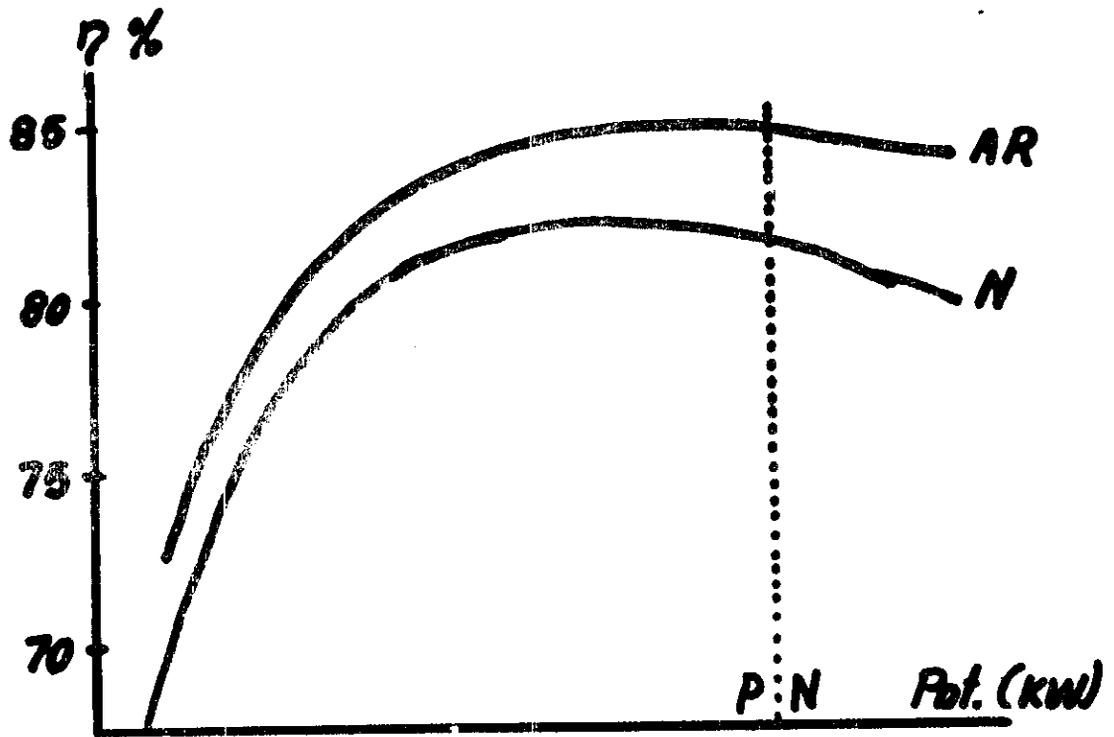


CURVAS FATOR DE POTENCIA X POTENCIA NO EIXO

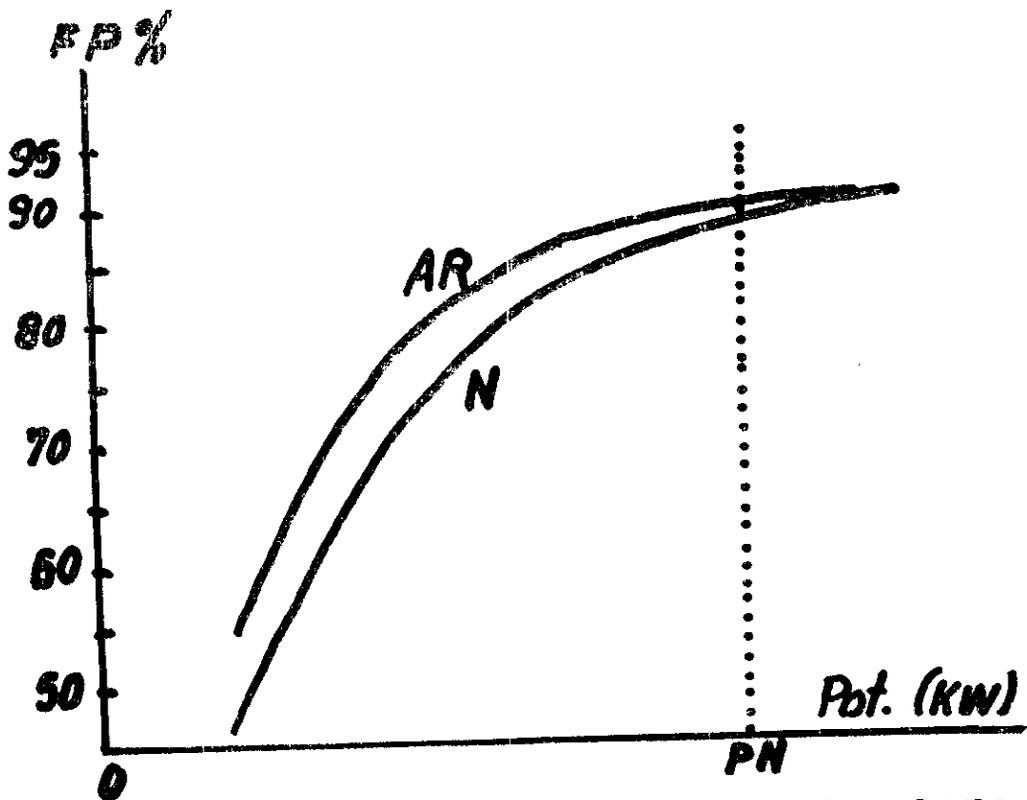


AREAS DE GERACÃO DO NORTE E DISTANCIAS MEDIAS
ADS PRINCIPAIS CENTROS DE CARGA.





CURVAS COMPARATIVAS DE RENDIMENTO
- AR - MOTOR DE ALTO RENDIMENTO
- N - MOTOR NORMAL



CURVAS COMPARATIVAS DE FATOR DE POTENCIA
- AR - ALTO RENDIMENTO.
- N - MOTOR NORMAL.

OBJETIVOS DA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

CONCESSIONARIA.

- _ MAXIMIZAÇÃO DO PARQUE INSTALADO
- _ ADMINISTRAÇÃO DA CURVA DE CARGA
- _ ATENDIMENTO DO MERCADO EM EXPANSÃO
- _ MARKETING DE SERVIÇOS

CLIENTE

- _ REDUÇÃO DE CUSTOS - GANHO FINANCEIRO
- _ MELHORIA NA EFICÁCIA OPERACIONAL
- _ MODERNIZAÇÃO TECNOLÓGICA.
- _ REDUÇÃO DO CONTEÚDO ENERGETICO.

-LEMBRETE-

- ELETRICIDADE É O PRODUTO MAIS CARO DEPOIS DO DINHEIRO.
- ELETRICIDADE NÃO É MATERIA PRIMA. É PRODUTO ESTRATÉGICO.

Quadro Orientativo de Variação do F.P. em Função de Carga e Tensão Aplicadas

TENSÃO	CARGA NO MOTOR		
	50 %	75 %	100 %
120 %	Decresce 15 a 40	Decresce 10 a 30	Decresce 5 a 15
115 %	Decresce 8 a 20	Decresce 6 a 15	Decresce 4 a 9
110 %	Decresce 5 a 6	Decresce 4	Decresce 3
100 %	---	---	---
90 %	Cresce 4 a 5	Cresce 2 a 3	Cresce 1

INFLUENCIA DA VARIAÇÃO DE TENSÃO NO COMPORTAMENTO DE UM MOTOR

CARGA	PARAMETRO	117V	VARIAÇÃO %	% MOT. C/ VARIAÇÃO
VAZIO	PERDAS	AUMENTAM	13.5 a 66.25	100
	CORRENTE	AUMENTA	20.2 a 52.14	100
	FATOR POT.	DIMINUI	0.64 a 18.52	87
ABAIXO DA NOMINAL	RENDIMENTO	DIMINUI	0.42 a 21.05	96
	CORRENTE	AUMENTA	0.37 a 36.41	96
	FATOR POT.	DIMINUI	7.34 a 24.9	100
NOMINAL	RENDIMENTO	DIMINUI	0.13 a 4.41	78
	CORRENTE	DIMINUI	0.39 a 6.25	68
	FATOR POT.	DIMINUI	3.60 a 10.60	100
		110.9 UNIIII		% MOT C/ VARIAÇÃO
VAZIO	PERDAS	DIMINUEM	12.20 a 34.00	100
	CORRENTE	DIMINUI	14.83 a 28.05	100
	FATOR POT.	AUMENTA	0.72 a 19.17	90
ABAIXO DA NOMINAL	RENDIMENTO	AUMENTA	0.29 a 10.52	83
	CORRENTE	DIMINUI	0.50 a 15.54	70
	FATOR POT.	AUMENTA	4.81 a 25.38	93
NOMINAL	RENDIMENTO	DIMINUI	0.13 a 9.20	93
	CORRENTE	AUMENTA	3.25 a 16.46	100
	FATOR POT.	AUMENTA	0.58 a 7.99	100

SEQUÊNCIA DE MEDIDAS PARA CORREÇÃO DO FATOR

DE POTÊNCIA DE UMA INSTALAÇÃO

1. MANTER OS NÍVEIS DE TENSÃO DE OPERAÇÃO O MAIS PRÓXIMO POSSÍVEL DO VALOR NOMINAL;
2. VERIFICAR QUE OS MOTORES DE INDUÇÃO OPEREM PRÓXIMO DA CAPACIDADE NOMINAL, CASO CONTRÁRIO, ESTUDAR A POSSIBILIDADE DE SUBSTITUIÇÃO (REMANEJAMENTO) POR POTÊNCIA ADEQUADA;
3. DESLIGAMENTO DE MOTORES DE INDUÇÃO OPERANDO A VAZIO SEM NECESSIDADE;
4. VERIFICAR POSSIBILIDADE DE REAGRUPAMENTO DE TRANSFORMADORES DE FORMA A OBTER O MELHOR APROVEITAMENTO DE POTÊNCIA;

5. APROVEITAR OS RECURSOS EXISTENTES, COMO SUPER-EXCITAÇÃO DE MOTORES SÍNCRONOS;
6. EM CASO DE COGERAÇÃO, GERAR POTÊNCIA REATIVA;
7. CORREÇÃO PROPRIAMENTE DITA, POR MEIO DE CAPACITORES;
8. APROVEITAR OPORTUNIDADES DE AMPLIAÇÃO, REFORMA OU SUBSTITUIÇÃO DE MOTORES DE INDUÇÃO DE MÉDIO OU GRANDE PORTE POR MOTORES SÍNCRONOS;
9. EM CASO DE COMPRA DE TURBOGERADORES, ANALISAR A VIABILIDADE ECONÔMICA DE ADQUIRIR GERADORES COM FATOR DE POTÊNCIA CAPAZ DE FORNECER A REATIVA NECESSÁRIA.

KVAR a vazio de motores trifasicos de indução - 60 Hz

HP	polos 2 rpm 3600	4 1800	6 1200	8 900	10 720	12 600
5	2,0	2,0	2,0	3,0	4,0	4,5
10	3,0	3,5	5,0	6,5	6,5	7,5
25	6,0	6,0	7,5	9,0	11,0	14,0
50	11,0	12,0	13,0	15,0	19,0	24,0
75	16,0	17,0	18,0	21,0	26,0	32,5
100	21,0	22,0	25,0	27,0	32,5	40,0
150	30,0	32,5	35,0	37,5	47,5	52,5
200	37,5	40,0	42,5	47,5	60,0	65,0
250	45,0	50,0	52,5	57,5	70,0	77,5
300	52,5	57,5	60,0	65,0	80,0	87,5
400	65,0	70,0	75,0	85,0	95,0	105,0
500	72,5	77,5	82,5	97,5	107,5	115,0

PRINCIPAIS CAUSAS DO BAIXO F.P DE UMA INSTALAÇÃO

ANTES DE PROCEDER A CORREÇÃO DE FATOR DE POTÊNCIA É NECESSÁRIO VERIFICAR AS CAUSAS DO MESMO E SE POSSÍVEL CORRIGIR AS DISTORÇÕES EXISTENTES POIS PODEM REDUZIR CONSIDERAVELMENTE AS NECESSIDADES DE INVESTIMENTO.

EXEMPLOS :

1- NÍVEL DE TENSÃO ELEVADO ACIMA DO NOMINAL

EM EQUIPAMENTOS COMO MOTORES DE INDUÇÃO, A POTÊNCIA REATIVA É PROPORCIONAL AO QUADRADO DA TENSÃO E A POTÊNCIA ATIVA PROPORCIONAL A CARGA SOLICITADA. PORTANTO, MANTENDO A TENSÃO NO VALOR NOMINAL ELIMINAMOS DISTORÇÕES QUE REDUZEM O FATOR DE POTÊNCIA.

MOTORES DE INDUÇÃO OPERANDO A VAZIO

A ENERGIA REATIVA ($kVAr$) CONSUMIDA POR MOTORES DE INDUÇÃO É PRATICAMENTE CONSTANTE QUANDO OPERAM A VAZIO OU A PLENA CARGA, ENTANTO QUE A ENERGIA ATIVA (kW) É PROPORCIONAL A CARGA MECÂNICA SOLICITADA AO MOTOR, ASSIM O FATOR DE POTÊNCIA MANTERÁ UMA CORRELAÇÃO COM A CARGA APLICADA AO EIXO DO MOTOR.

O MAIOR NÚMERO DE PÓLOS TAMBEM AUMENTA A CARGA REATIVA DO MOTOR. DEVE PORTANTO SER EVITADO OPERAR MÁQUINAS A VAZIO POR PERÍODOS DE TEMPO CONSIDERÁVEIS.

NATURALMENTE QUE MOTORES SUPERDIMENSIONADOS, OPERARÃO COM BAIXA CARGA DIMINUINDO O FATOR DE POTÊNCIA SENDO NESTES CASOS ACONSELHABEL UM ESTUDO PARA REMANEJAMENTO DA POSIÇÃO DOS MESMOS PARA CONDIÇÕES MAIS ADEQUADAS DE OPERAÇÃO.

OBSERVAMOS QUE PARA CARGAS ABAIXO DE 60-70% O FATOR DE POTÊNCIA DECRESCER RAPIDAMENTE, SENDO PORTANTO ACONSELHABEL NESTES CASOS O DESLIGAMENTO DA MÁQUINA QUANDO FUNCIONA A VAZIO E O PROCESSO PERMITA ESTA OPERAÇÃO.

MOTORES PEQUENOS EM GERAL TRABALHAM COM FATOR DE POTÊNCIA BAIXO EM FUNÇÃO DA DIFICULDADE DE DIMENSIONAR ADEQUADAMENTE.

COPEL

PARTICIPAÇÃO DE ENERGIA POR SETORES NO PARANÁ REF. DEZEMBRO 1995

NOVOS CONSUMIDORES		90.478
TOTAL DE CONSUMIDORES		2.400.598
		% 95 / 94
CLASSE RESIDENCIAL	29,1%	13,5%
CLASSE INDUSTRIAL	38,3%	6,1%
CLASSE COMERCIAL	14,7%	14,5%
CLASSE RURAL	7,1%	8,5%
OUTROS (ILUMINAÇÃO PÚBLICA, CONS.PRÓPRIO,ETC)	10,8%	

COPEL

PARTICIPAÇÃO NA CLASSE INDUSTRIAL

	PARTICIPAÇÃO	VARIAÇÃO 95/94
INDUSTRIA QUÍMICA	10,8%	+ 32,2%
INDUSTRIA MOBILIÁRIA	4,9%	+ 24,0%
INDUSTRIA DE CONSTRUÇÃO	**	+ 21,0%
PRODUTOS ALIMENTARES	21,0%	+ 12,6%
PAPEL E CELULOSE	26,3%	+ 4,2%
INDUSTRIA METALURGICA	4,5%	- 25,5%
INDUSTRIA TEXTIL	**	- 13,0%
INDUSTRIA MECÂNICA	**	- 11,4%
MINERAÇÃO	10,2%	- 4,7%

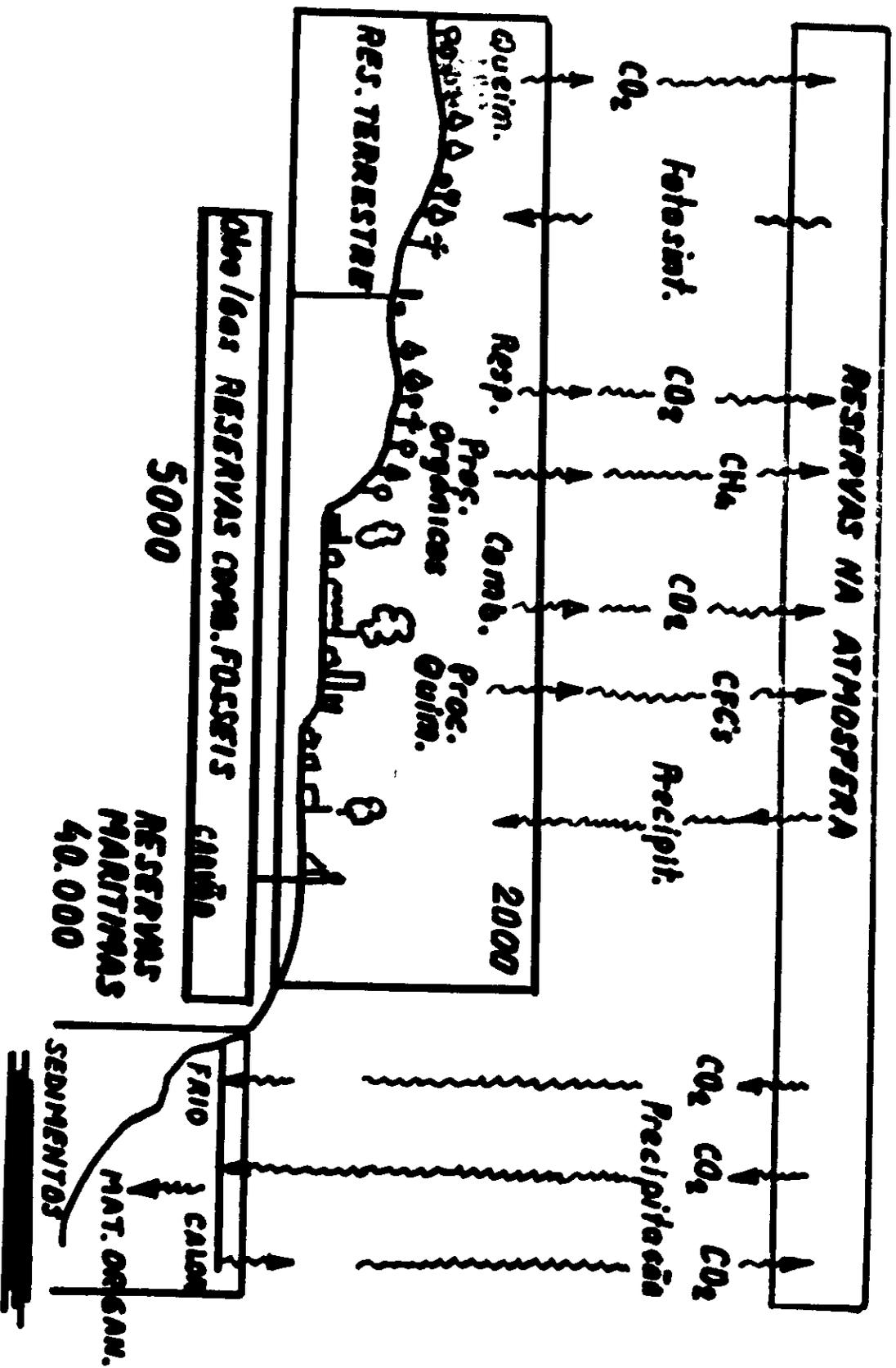
** 22,3%

TOTAL DE PERDAS E DIFERENÇA 7,6%

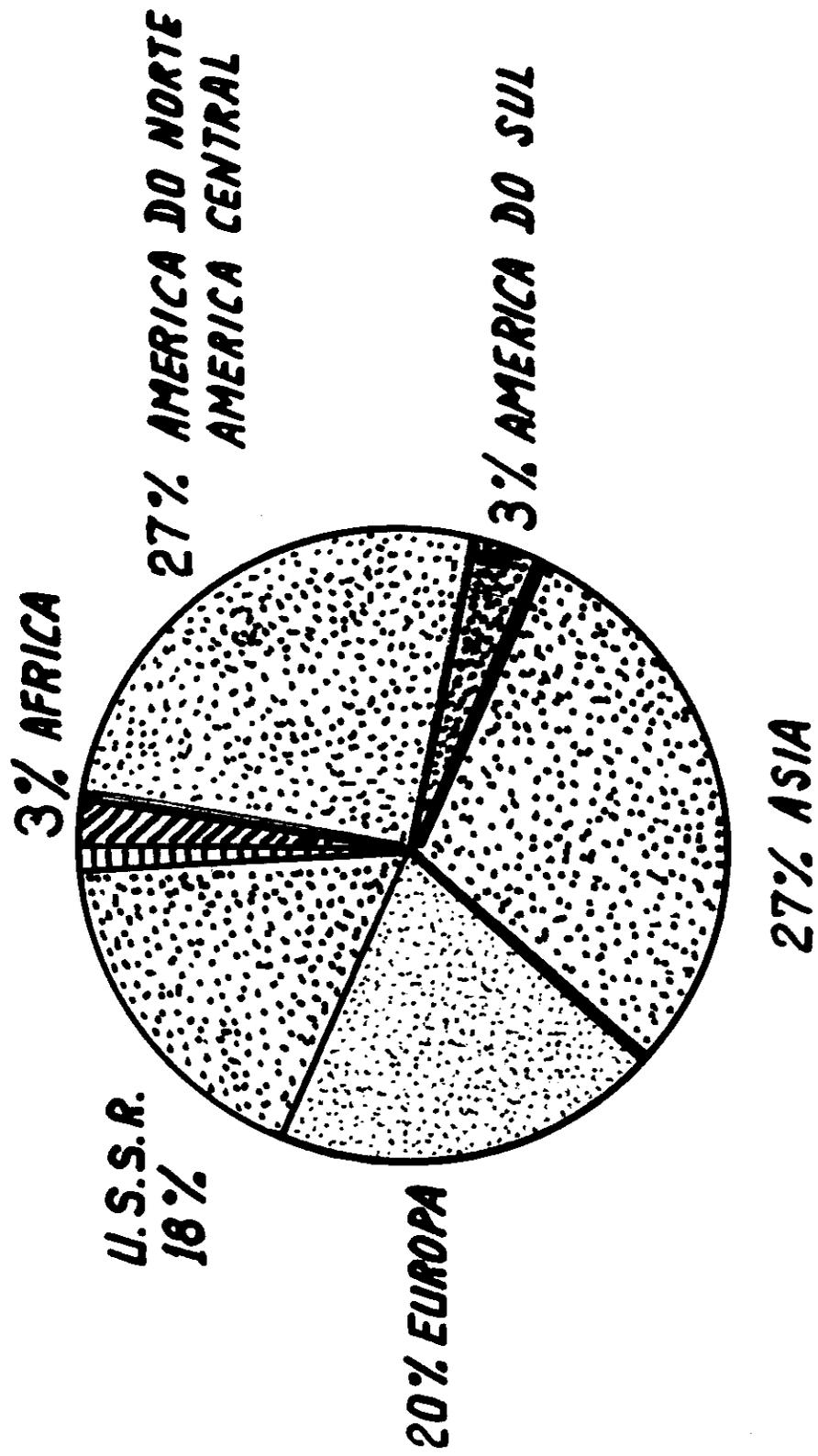
QUADRO ORIENTATIVO DE CARGA REATIVA DE TRANS-
FORMADORES TRIFÁSICOS

POTÊNCIA EM KVA	CARGA REATIVA A VAZIO KVAr
45	3,0
75	4,0
150	6,0
300	8,0
500	12,5
750	17,0
1000	19,5
1500	23,0
2000	27,0

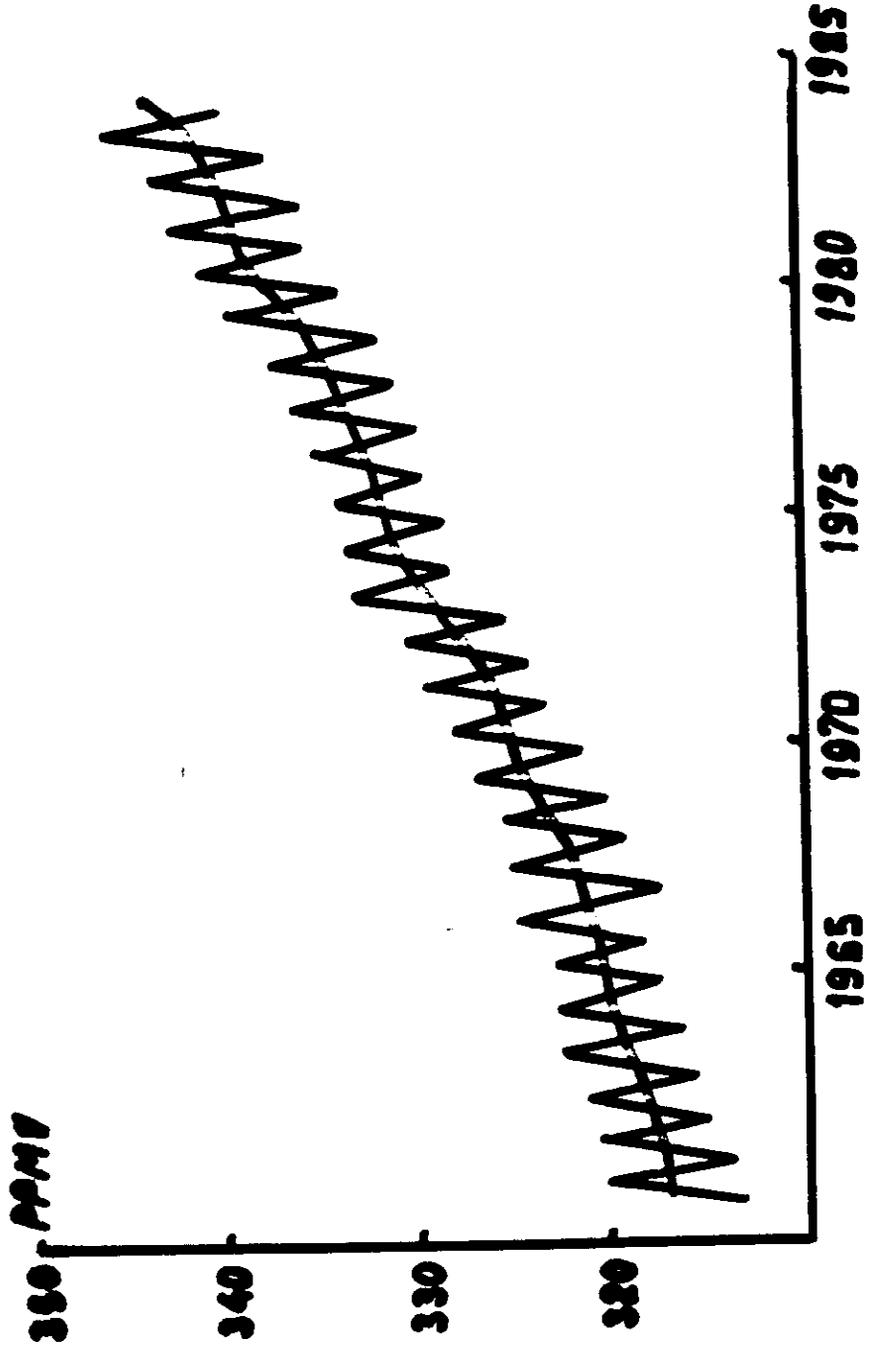
FLUXO DE GASES NO SISTEMA TERRESTRE



EMISSIONS DE CO₂ POR REGIÕES EM %



-- CONCENTRAÇÃO DE CO₂ (HAWAII)



CONSUMO DE ENERGIA

CAPACIDADE INSTALADA

58.000MW

CONSUMIDORES:	% ANO 95	AUMENTO95/94
RESIDENCIAIS	26%	13,5%
COMERCIAL	13%	11,3%
INDUSTRIAL	46%	3,9%
PERDAS/OUTROS	15%	6,5%

CONSUMO DE ENERGIA EM 1995 243.300 Gwh
(7,6% SOBRE 1994)

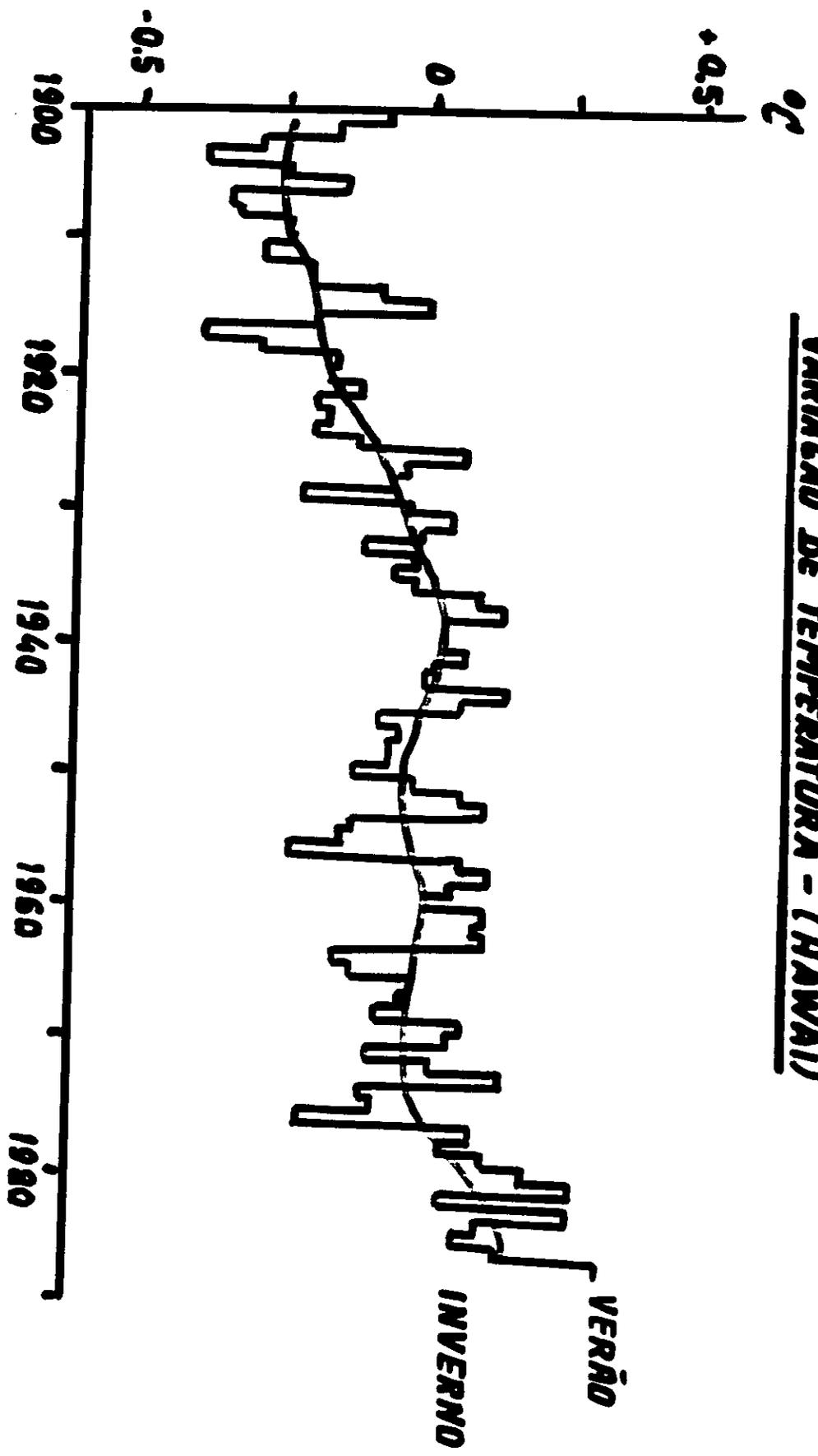
AUMENTO DE CONSUMO POR REGIÕES

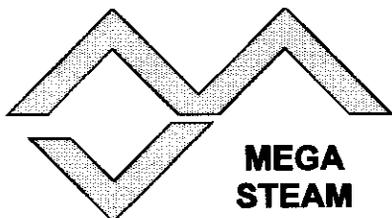
CENTRO-OESTE	10,9%
NORTE	9,2%
NORDESTE	8,8%
SUL	8,5%
SUDESTE	6,7%

RECEITA GLOBAL DE 17,2 BILHÕES DE REAIS, DOS QUAIS
3,2 BILHÕES FORAM RECOLHIDOS EM ICMS.

PREVISÃO PARA 1996, CRESCIMENTO ENTRE 5 E 6% COM
RECEITA GLOBAL DE R\$ 22,1 BILHÕES SENDO 4,1 BILHÕES
DE ICMS.

VARIAÇÃO DE TEMPERATURA - (HAWAII)





ADEQUAÇÃO OPERACIONAL DE CALDEIRAS E ESTUDO DE CONDIÇÕES PARA A ECONOMIA DE ENERGIA

O uso de estratégias para conservação de energia não é nenhuma novidade. O sucesso econômico de qualquer processo competitivo requer o uso eficiente da energia disponível.

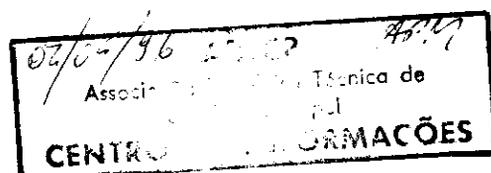
O uso do vapor como meio de distribuição de energia é fato indiscutível. A geração de vapor é de fundamental importância nas indústrias em geral, mas principalmente em indústrias químicas que utilizam processos contínuos, como refinarias, indústrias de papel e celulose, fertilizantes, etc.

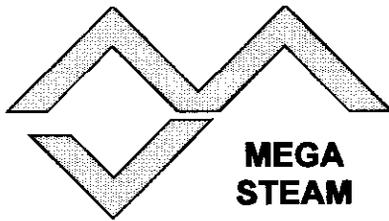
Na operação de caldeiras, deve-se atentar para todo e qualquer fator que possa reduzir o consumo de combustível. Este objetivo pode ser atingido através de uma variedade de medidas, que vão desde o ajuste fino dos procedimentos de operação e maior rigor nas técnicas de manutenção até a instalação de complexos acessórios para recuperar calor.

Em função do combustível utilizado, podem ser usadas diversas técnicas no aumento da eficiência térmica do sistema. Para uma caldeira que opera permanentemente com uma produção de vapor definida, ou mesmo com pequenas variações de carga, as possibilidades de redução das perdas de energia, e conseqüentemente economia de combustível, estão associadas, basicamente a dois fatores:

- Redução do excesso de ar e da temperatura dos gases de combustão na chaminé, através do controle adequado da combustão e da manutenção e limpeza dos tubos da caldeira;
- Otimização do tratamento da água de alimentação, que deve ser contínuo e com análises periódicas, objetivando a redução das purgas e das incrustações que dificultam a troca de calor e provocam a elevação da temperatura dos gases de chaminé.

Neste texto, primeiramente será feita uma avaliação geral do processo de combustão, partindo-se após para uma análise específica dos fatores em potencial para atingir-se o objetivo a que se propõe este trabalho, comparando parâmetros para queima a óleo e a lenha.



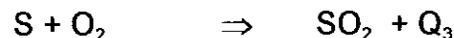
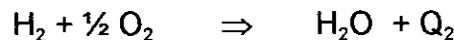
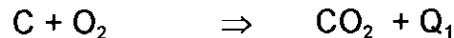


NOÇÕES SOBRE PROCESSO DE COMBUSTÃO

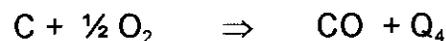
O conhecimento básico dos fenômenos que caracterizam a combustão industrial é um dos primeiros passos para quem deseja levar realmente a cabo um programa de conservação de energia.

A combustão de maneira geral, é descrita como um conjunto de reações químicas entre duas substâncias ditas combustível e comburente, ocorrendo a alta velocidade e alta temperatura, onde se dá uma intensa liberação de calor com a emissão simultânea de luz. O combustível ao reagir com o comburente (ar atmosférico), dará origem aos gases de chaminé, compostos de N_2 , O_2 , CO_2 , H_2O , CO e SO_2 .

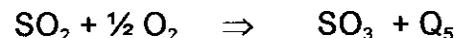
A combustão é completa quando o combustível queima em sua totalidade, ou seja, os reagentes são levados ao seu grau de oxidação máxima. As principais reações existentes, neste caso são as seguintes:



Nas reações acima, Q_1 , Q_2 e Q_3 representam as quantidades de calor liberadas em cada uma das reações. Além destas, duas outras merecem destaque. A primeira delas é a que leva à formação de CO , sendo esta uma reação de oxidação incompleta, com menor liberação de calor que a oxidação à CO_2 :



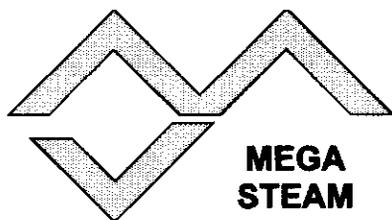
Uma outra reação importante é que leva à formação de SO_3 :



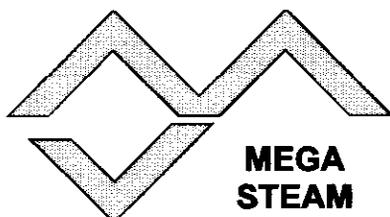
A quantidade de SO_3 formado, na maioria das vezes é pequena. O grande problema é que esta substância, reagindo com o vapor de água, forma Ácido Sulfúrico gasoso, que pode vir a ser condensado dependendo da temperatura dos gases, gerando problemas de corrosão na chaminé. Para tanto, é conveniente manter a temperatura dos gases 40 ou 50 °C acima do ponto de orvalho.

Em função da composição do combustível, teremos maior ou menor energia liberada pelo mesmo, sendo que a medida desta energia liberada chama-se Poder Calorífico. Aqui distingue-se Poder calorífico Superior, PCS, e Poder calorífico Inferior, PCI. Entende-se por PCS, a totalidade da energia liberada pela reação, e por PCI, a energia liberada subtraída a energia necessária para vaporizar a eventual umidade do combustível e a água formada pela reação.

O objetivo de qualquer trabalho de otimização é aproveitar ao máximo a



energia liberada pela reação, reduzindo o custo da geração de vapor. A seguir serão discutidos alguns fatores potenciais para aumentar a eficiência, tanto de queima como de troca térmica.



REDUÇÃO DO EXCESSO DE AR ADMITIDO À CALDEIRA

Sendo a combustão uma reação química, esta obedece todas as regras de cinética e equilíbrio para o processo. Ou seja, devem ser satisfeitas algumas condições básicas para que a combustão se processe da melhor maneira possível. Pode-se citar:

- A quantidade de comburente deve ser suficiente em relação à quantidade de combustível, sendo que os mesmos devem formar uma mistura íntima, homogênea e prévia;
- A temperatura no recinto onde se dá a combustão deve ser a mais elevada possível.

A partir do exposto acima, pode-se desenvolver toda a análise da influência do excesso de ar na eficiência do sistema de geração de vapor. Têm-se dois aspectos quanto à adição de ar ao processo:

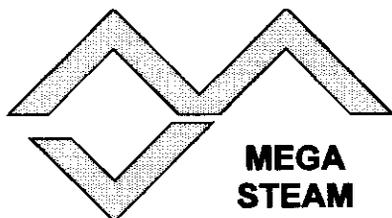
- Adicionando-se ar em proporções estequiométricas ou com falta de oxigênio, observa-se combustão incompleta do combustível, com conseqüente redução na eficiência de queima;
- Com adição de ar em excesso, deve-se considerar o mínimo excesso que permita a queima total do combustível e minimize as perdas pelo N_2 que rouba calor útil do processo reduzindo a temperatura da chama.

Explicando de forma mais clara: Todos os combustíveis contêm uma percentagem definida de Carbono, Hidrogênio e outros elementos, estes últimos em menores proporções. Em função da composição, o combustível liberará mais ou menos calor ao ser queimado com o ar alimentado para queima.

O ar atmosférico utilizado como comburente tem cerca de 21% de O_2 e 79% de N_2 em volume. Em média, para cada litro de óleo a ser queimado, são necessários mais de 12 Kg de ar. Como apenas o O_2 do ar tomará parte efetiva da combustão, haverá a passagem inútil de mais ou menos 9 Kg de N_2 pelo sistema para cada litro de óleo. Este N_2 entra na câmara de combustão à temperatura ambiente e sai pela chaminé com uma temperatura muito maior, roubando calor que poderia ser usado na geração de vapor.

Esta é uma ineficiência básica que temos que aceitar, porque não dispomos de maneiras econômicas de separar o O_2 do N_2 . Aqui, o que se pode fazer é controlar a operação de forma a trabalhar com o menor excesso de ar possível e reduzir a temperatura dos gases de chaminé, para que se possa reduzir a parcela de calor roubada pelo N_2 presente no ar comburente.

Neste ponto seria interessante fazer algumas colocações com relação ao



excesso de ar para a queima do óleo combustível e para a queima de combustíveis sólidos como lenha ou carvão:

- Para a queima do óleo, é importante a utilização de queimadores adequados ao mesmo e um pré-aquecimento que permita que este chegue ao queimador na viscosidade adequada para uma correta atomização, aumentando a superfície de contato do óleo com o ar comburente, permitindo uma redução do excesso de ar admitido ao sistema.
- Para a queima à lenha, devem ser considerados outros fatores, como a padronização dos diâmetros das toras queimadas, evitando colocar toras de grande diâmetro, e uma distribuição correta da lenha sobre as grelhas; procedimentos estes que visam semelhantemente à queima do óleo, aumentar a superfície de contato do combustível com o comburente, o que em última análise conduz à redução no consumo de combustível. Devido ao fato de o contato entre o combustível e o ar não ser tão íntimo como com a queima a óleo, o excesso de ar utilizado deve ser maior, sendo que valores típicos oscilam na faixa dos 40%.

COMBUSTÍVEL	CO ₂ %	FAIXA % EXCESSO DE AR	EXCESSO TÍPICO
óleo	11,5 à 14,0	35 à 15	25,0
lenha	12,0 à 17,0	65 à 20	40,0

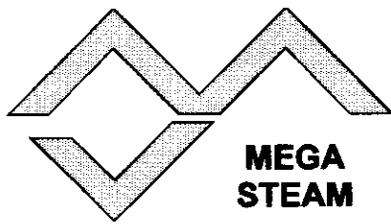
Tabela: Comparação entre o excesso de ar alimentado para caldeiras à óleo e à lenha.

O excesso de ar admitido ao sistema é medido indiretamente com o uso de analisadores de gases, os quais tem ganho crescente importância devido à conscientização de que o excesso de ar inadequado é um grande inimigo da queima econômica de qualquer combustível. Através da análise do CO₂ presente nos gases, podemos indicar a percentagem de ar alimentado em excesso para a combustão. Um percentual de CO₂ alto, indica que o excesso de ar é baixo, neste caso, temos uma chama bem mais quente, que queima melhor, favorecendo uma união mais completa do combustível com o comburente, além disso, as superfícies em contato ou nas proximidades da chama ficam bem mais aquecidas. Uma chama que queima com um teor de CO₂ mais baixo não só perde calor por expelir um grande volume de gases aquecidos, mas também por expeli-los a uma temperatura mais alta.

EXEMPLO

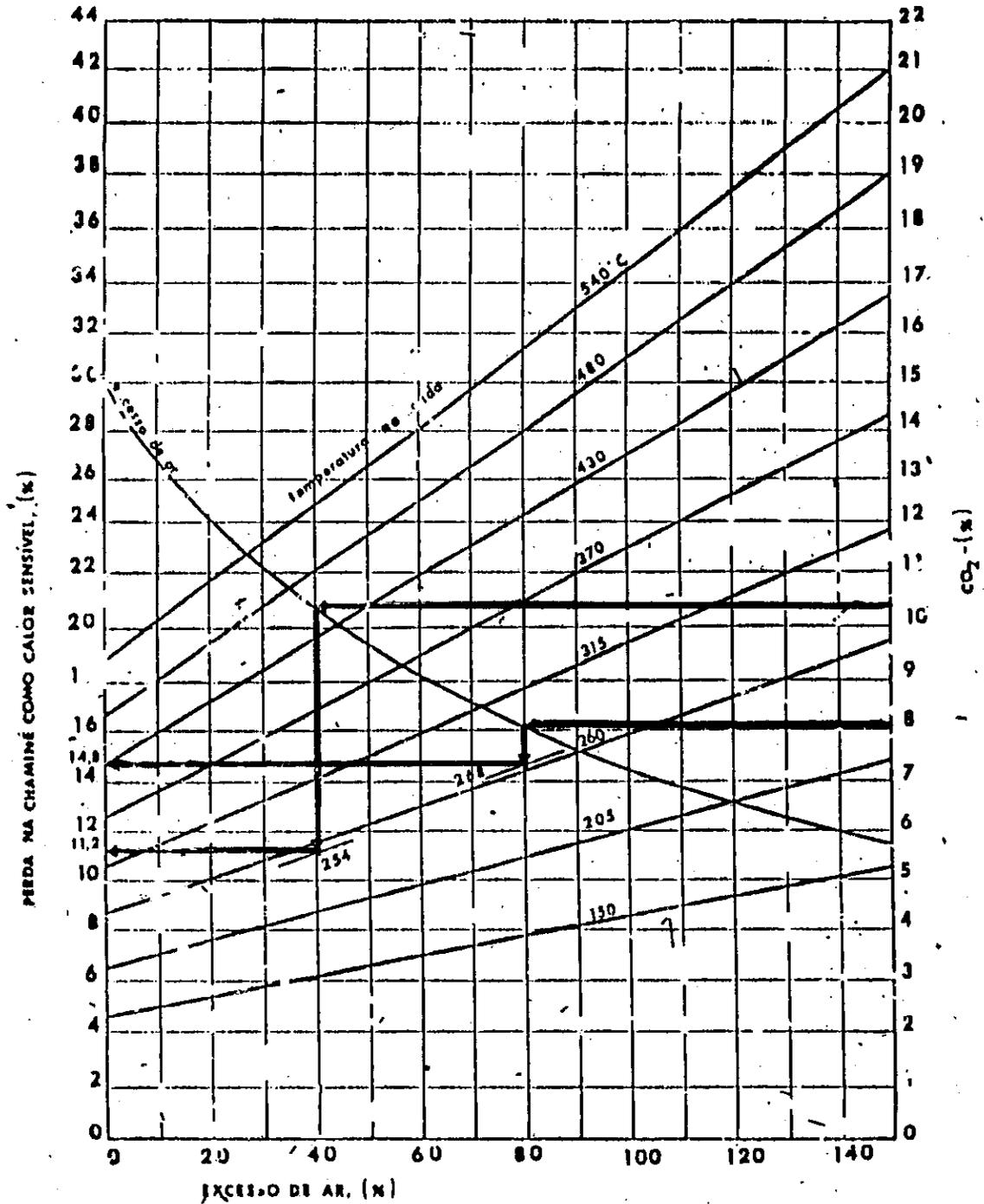
Uma caldeira apresenta análise de CO₂ em 8,2% e temperatura dos gases na chaminé de 268 °C. Através da redução excesso de ar, atingiu-se CO₂ em 10,5% e temperatura dos gases em 254 °C.

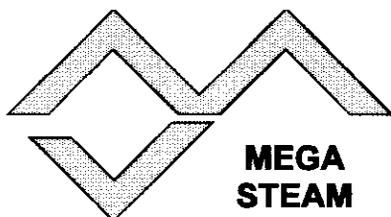
A caldeira em questão consome 1,2 ton/hora de um combustível com PCI igual à 9600 Kcal/Kg, sendo que o óleo combustível tem um custo de R\$ 114,30/ton. Esta caldeira tem regime de operação de 8000 horas/ano.



Pede-se verificar em quanto tempo será recuperado o investimento na compra de um KIT analisador de gás (CO₂, O₂, fuligem, manômetro de baixa pressão), que custa R\$ 5000,00.

GRÁFICO: Perda na chaminé para óleo combustível





Através da otimização do sistema, com a análise de CO₂ indo de 8,2% para 10,5%, temos do gráfico acima para o óleo combustível:

CO ₂ (%)	8,2	10,5
Temperatura na chaminé (°C)	268	254
Perdas na chaminé (sensível)	14,8	11,2
excesso de ar admitido (%)	80	40

TABELA: Apresentação de dados para o exemplo

redução nas perdas = perdas antes - perdas depois = 14,8 - 11,2 = 3,6%

Pode-se então dizer que a redução no consumo de óleo combustível será de 3,6%, o que conduz à:

redução no consumo = 1,2 ton/h × 800h/ano × 3,6/100 = 345,6 ton/ano

Convertendo o custo do analisador em toneladas de óleo, temos:

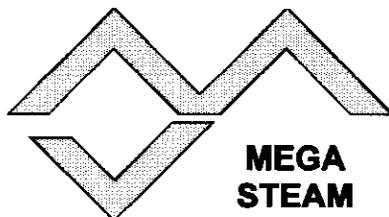
custo do analisador = R\$ 5000,00/R\$ 114,30/ ton = 43,74 ton óleo

Logo, observa-se que em um ano, temos uma redução no consumo de 345,6 ton, o que conduz à um retorno no investimento em cerca de 45 dias; o que demonstra o potencial para recuperação de energia em sistemas de geração de vapor.

Somente com o uso de um analisador de CO₂, já conseguimos boas informações acerca do processo, mas somente com a leitura de CO₂, não podemos verificar como está a eficiência de queima, logo em plantas maiores são utilizados analisadores de O₂ e CO₂, para que além da porcentagem de ar em excesso, saiba-se também qual a eficiência de queima.

As informações necessárias para a tomada de decisões com relação à redução do excesso de ar podem ser levantadas através de gráficos fornecidos pelo fabricante ou pela determinação dos balanços de massa e energia aplicados à combustão. Através dos balanços de massa e energia, pode-se levantar quaisquer informações relativas ao processo, podendo determinar inclusive como se comporta a produtividade com a variação das condições de alimentação das diversas correntes de alimentação ao processo.

Em resumo, pode-se dizer que o excesso de ar é a mais importante variável envolvida no processo de combustão, afetando fortemente a eficiência térmica de uma caldeira. Este excesso pode ser controlado com diversos esquemas diferentes conforme a sofisticação desejada, indo desde o uso de analisadores portáteis até as malhas de controle caracterizadas pela presença de analisadores de gases que operam de forma contínua.



RECUPERAÇÃO DO CALOR CONTIDO NOS GASES DE CHAMINÉ

O potencial para uma recuperação adicional de calor na seção de convecção ocorre quando o sistema opera a uma temperatura dos gases relativamente alta na chaminé. A ocorrência de temperaturas altas nos gases de chaminé pode indicar incrustação do lado dos gases ou do lado da água, reduzindo a eficiência de troca térmica, mas pode indicar também a possibilidade de economia adicional através do pré-aquecimento das correntes de alimentação à caldeira.

Uma primeira consideração seria feita no sentido de aumentar a área superficial na seção convectiva, pela adição de um pré-aquecedor de ar comburente ou de um economizador.

A instalação de unidades de trocadores de calor suplementares para uma recuperação adicional de calor de convecção freqüentemente promove um retorno econômico bastante rápido.

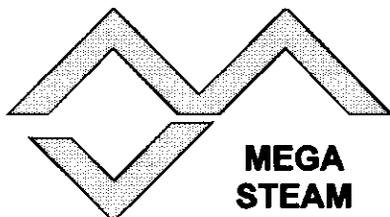
Dentre as alternativas para recuperação do calor convectivo, a mais importante é o uso de pré-aquecedores do ar comburente, o que reduz marcadamente o consumo de combustível através da redução da temperatura dos gases da chaminé até uma faixa de temperatura mínima que permita a tiragem adequada dos mesmos e evite a condensação ácida dos gases de Enxofre que pode ocorrer com o óleo combustível.

A operação de uma caldeira com ar pré-aquecido, reverte em temperaturas de chama mais altas do que com o uso do ar à temperatura ambiente, o que conforme já citado anteriormente melhora as condições de queima, reduzindo o consumo de combustível.

EXEMPLO

Uma indústria possui uma caldeira, com as seguintes características:

Presão do vapor produzido (Kgf/cm ²)	10,0
Produção (ton/hora)	10,0
Consumo de óleo (Kg/hora)	770
Temperatura dos gases na chaminé (°C)	315
Vazão dos gases (Kg/h)	13000
Regime de trabalho (horas/ano)	6000
Calor específico dos gases (Kcal/Kg.°C)	0,26
Custo do óleo (R\$/Ton)	110,00
PCI (Kcal/Kg)	9860

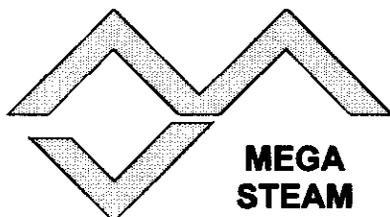


Busca-se determinar qual o desperdício anual de combustível por não instalar-se um pré-aquecedor de ar que permitiria a redução da temperatura dos gases para 200 °C. Considera-se o aproveitamento do calor trocado como sendo de 85 %.

$$Q_{\text{fornecido}} = 13000 \times 0,26 \times (315 - 200) \times 85/100 = 330395 \text{ Kcal/hora}$$

$$\text{Óleo desperdiçado ao ano} = 330395 \times 6000/9860 = 201 \text{ ton/ano}$$

Para um consumo básico de 4620 ton/ano de combustível, temos com a instalação de um pré-aquecedor uma redução de 4,35% no consumo de óleo; o que perfaz uma economia anual de R\$ 22.110,00.



IMPLANTAÇÃO DE UM PROGRAMA DE MANUTENÇÃO ADEQUADO

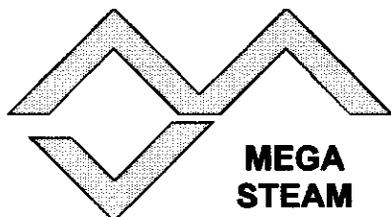
É muito importante a implantação de uma rotina de manutenção adequada e periódica da caldeira. Muitas vezes, através da análise do histórico da mesma, nota-se que o seu rendimento reduziu com o passar do tempo. Pode-se ter o CO₂ numa faixa adequada, uso de pré-aquecedores e ainda assim, ter-se temperaturas altas na saída dos gases ou perda de vapor/condensado, o que conduz à uma eficiência térmica menor que a esperada. Observações deste tipo, podem ser devidas à um ou mais dos seguintes fatores:

- Entradas de ar clandestinas;
- Combustível fora de especificação;
- Pequenos vazamentos de vapor;
- Incrustação devido à um tratamento de água inadequado;
- Refratários em mau estado de conservação;
- Cinzas e fuligem na zona convectiva.

ENTRADAS DE AR CLANDESTINAS

A ocorrência de entradas de ar clandestinas, através da porta de visitas, juntas, bases, etc. é uma das possíveis causas para baixo rendimento operacional da caldeira. O ar clandestino não afeta a qualidade ou temperatura da chama diretamente, mas resfria os gases que passam através dos dutos que levam à chaminé, reduzindo conseqüentemente a eficiência de transferência de calor para as superfícies de aquecimento. Além disso, o responsável pela operação pode estar verificando que o CO₂ está bom na saída da chaminé, mas não terá como saber se o excesso de ar está adequado às condições de queima na câmara de combustão, por desconhecer a magnitude das infiltrações. Neste caso, para que a caldeira possa se manter em operação, o excesso de ar medido e aceito deverá ser maior que o normal, visto que se tentarmos reduzir o excesso até o patamar normal, estaremos empobrecendo a alimentação de ar à caldeira, desregulando a operação e possivelmente aumentando os níveis de CO e fuligem.

A única solução para estas infiltrações de ar é localizá-las e fazer sua vedação. Uma maneira de quantificar esta infiltração seria fazer uma medição diferencial de CO₂, sendo feita uma leitura na base da chaminé e outra próximo à chama, determinando-se um fator de infiltração e avaliando-se a necessidade de proceder à vedação dos pontos de vazamento de ar para a caldeira.



COMBUSTÍVEL FORA DE ESPECIFICAÇÃO

A substituição do combustível utilizado por um outro que seja inadequado ao projeto, ou o seu uso em condições que não permitam um contato íntimo entre o ar e o combustível, pode ser determinante para a redução da eficiência da caldeira.

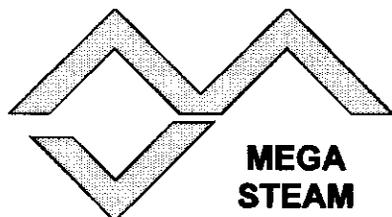
Com caldeiras à óleo, este problema pode ocorrer devido à um entupimento no bico do queimador ou devido a um aquecimento insuficiente do combustível, conduzindo à alta viscosidade e atomização deficiente. Um entupimento do bico do queimador conduz à uma redução do CO_2 , pois com a redução da entrada de óleo, a entrada de ar fica proporcionalmente maior, conduzindo a um aumento do excesso de ar. Existem alguns aditivos no mercado que promovem a dissolução dos lodos, parafinas e asfalto que causam obstruções em filtros e queimadores, evitando a formação de carvão nos difusores e bicos. Tais aditivos, além de melhorarem as condições de queima, com aumento no rendimento da combustão, evitam os efeitos corrosivos do Enxofre que pode estar presente no óleo combustível.

As caldeiras a lenha apresentam como problema principal a falta de padronização quanto a lenha queimada. A lenha pode ser queimada sob a forma de cavacos, toras de madeira ou até serragem. Quanto mais dividida esta estiver, maior será a sua superfície de contato com o ar, oferecendo condições para um contato mais íntimo entre o combustível e o comburente. Caldeiras que operam recebendo lenha em forma de troncos grandes, por terem menor superfície de contato com o ar, terão menor liberação de calor, dificultando o controle da produção da caldeira e do excesso de ar.

Neste item, também pode ser incluída alguma informação sobre a influência da umidade na combustão. Sabe-se que o poder calorífico é função da composição do combustível; quanto maior for a umidade do mesmo, menor será o seu poder calorífico, visto que a água contida no combustível não libera calor, e sim absorve calor para se vaporizar. Devido ao fato de os óleos combustíveis conterem umidade bastante reduzida (quando não nula), iremos concentrar nossa atenção na queima de combustíveis sólidos como a lenha.

C = 50,3%	O = 43%	H = 6,2%	N + S + cinza
Lenha seca		PCS = 5083 Kcal/Kg PCI = 4756 Kcal/Kg	
ÁGUA = 40%	C = 30%	O = 26%	H = 3,8% N + S + cinza
Lenha com 40% de umidade		PCS = 3050 Kcal/Kg PCI = 2620 Kcal/Kg	

FIGURA: Comportamento do poder calorífico com a variação de umidade da lenha



A figura na página anterior nos dá uma clara indicação sobre o que ocorre com o combustível quando sua umidade aumenta. Para um melhor aproveitamento da lenha, deve-se oferecer condições de estocagem que permitam reduzir o teor de umidade, pois quanto maior a umidade, menores serão o PCS e o PCI.

PEQUENOS VAZAMENTOS DE VAPOR

Deve ser estabelecida uma consciência para observar que pequenos vazamentos de vapor causam grande perda de combustível a longo prazo. Existem gráficos que dão estimativas anuais de perda de vapor em função da pressão de operação e do diâmetro do vazamento. Esta observação é verdadeira não somente para vazamentos de vapor; toda a economia de combustível, logo de dinheiro, é função da conscientização das pessoas envolvidas com a área.

INCRUSTAÇÃO DEVIDA A TRATAMENTO DE ÁGUA INADEQUADO

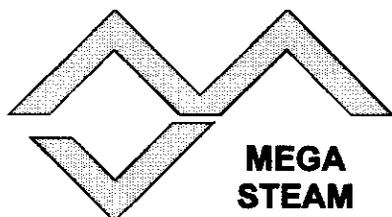
As incrustações são formações de depósitos aderentes aos tubos e estruturas metálicas da caldeira em contato com a água. Ocorre devido à saturação e precipitação de sais dissolvidos na água de alimentação, principalmente de cálcio, Magnésio e sílica.

A formação de depósitos e incrustações reduzem sensivelmente a transferência de calor, conduzindo a um aumento na temperatura dos gases na chaminé e das partes metálicas em contato com a chama, o que conseqüentemente, além de comprometer a segurança da operação, provoca grandes perdas de energia, e em última análise de dinheiro. Estima-se que um depósito de 1 mm de incrustação provoca aumento de 15% no consumo de combustível.

Para evitar problemas com incrustação, as descargas de fundo representam um papel muito importante, pois é o único meio de podermos diluir a água no interior da caldeira. A frequência com que ocorre a descarga de fundo, deve ser tal que não sejam gerados gastos desnecessários de energia com descargas em excesso e não cause incrustações e riscos operacionais.

REFRATÁRIOS EM MAU ESTADO DE CONSERVAÇÃO

É muito importante manter os recobrimentos refratários em bom estado de conservação. Só para dar uma idéia do assunto, vamos estudar o que ocorre com uma caldeira aquatubular à óleo quando esta tem problemas de refratários no cone próximo ao queimador. Sabe-se que o perfil da chama é direcionado pelo perfil do queimador. Com os refratários quebrados, pode ocorrer o direcionamento da chama para uma das paredes da câmara de combustão, o que levará a um superaqueci-



mento da parede d'água e formação de fuligem. Ao verificar a formação de fuligem, o primeiro intuito do operador será aumentar o ar alimentado, o que provocará um aumento no consumo de combustível.

CINZAS E FULIGEM NA ZONA CONVECTIVA

Outro fator interessante a considerar, seria a deposição de cinzas e fuligem nas paredes, e principalmente na zona convectiva. A deposição destes materiais ocorre em decorrência da redução da temperatura dos gases no percurso dos dutos da caldeira.

A formação de grandes depósitos de cinzas tende a prejudicar o fluxo de gases e a reduzir a troca de calor entre a água e os gases de combustão. A ocorrência de caminhos preferenciais implica em problemas relacionados com o aquecimento localizado e deformação irregular dos feixes tubulares.

Uma solução possível seria a instalação de sopradores de fuligem, que podem promover limpeza automática durante a operação normal da caldeira; paradas programadas para escovação; ou novamente, o uso de um combustível adequado, pois às vezes, na tentativa de baratear o processo, usa-se um combustível que gera muita cinza e fuligem, aderindo-se às paredes da caldeira e até mesmo criando condições, como ocorre na queima a lenha, para o entupimento das grelhas e fusão das cinzas, o que vai fatalmente levar à parada do processo produtivo.

C O N C L U S Õ E S

A grande maioria dos problemas enfrentados com caldeiras são decorrentes de falta de uma postura de visão à longo prazo com vistas a economia de energia.

Independente do tipo de combustível utilizado, observa-se que o investimento na recuperação do calor, implantação de um programa de manutenção adequado e na aquisição de analisadores de gases é baixo. Se formos contabilizar o aumento de produtividade do processo, iremos verificar que o retorno é bastante rápido, com evidente redução no consumo de combustível para uma dada produção de vapor.

Devemos acabar com a idéia generalizada de que a caldeira só merece atenção por ocasião da inspeção anual; em um ano, muito dinheiro pode ser desperdiçado devido à inércia em mudar-se os procedimentos padrões da empresa.

A MEGA STEAM coloca-se a disposição para:

- Fornecer analisadores de gases;
- Fazer estudos para balanços de massa e energia;
- Treinamento técnico/prático de combustão.