

CETESB

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

P R O C O P

PROGRAMA DE CONTROLE DE POLUIÇÃO

CETESB - CIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA
AV. PROF. DR. FERDINANDO HERMANN JR., 045 029 00 09 - PINHEIROS
SÃO PAULO - BRASIL

DIRETORIA DE CONTROLE

ESTIMATIVA DO CUSTO DE CONTROLE DE DIÓ-
XIDO DE ENXOFRE NA REGIÃO METROPOLITANA
DE SÃO PAULO

São Paulo, Abril/1985

COORDENADOR GERAL : ENGº ARLINDO PHILIPPI JUNIOR
COORDENAÇÃO TÉCNICA: ENGº JOÃO VICENTE DE ASSUNÇÃO
ECON. AURÉLIO LIBANORI

CLASS.		
AUT.		8500
TOMBO	30008	C338e (RCET) 030008

DIRETORIA

Werner Eugênio Zulauf
Diretor-Presidente

Antônio Alves de Almeida
Diretor Administrativo

Fredmar Corrêa
Diretor de Planejamento Ambiental

Nelson Mansour Nabhan
Diretor de Engenharia

Nelson Vieira de Vasconcelos
Diretor de Controle

Paulo Bezerril Júnior
Diretor Financeiro

Samuel Murgel Branco
Diretor de Pesquisa

Í N D I C E

	Pág
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS DO ESTUDO	6
2.1. Objetivo Geral	6
2.2. Objetivos Específicos	6
3. ETAPAS E METODOLOGIA	7
3.1. Levantamento e Análise dos Tipos de Sistemas de Controle de Dióxido de Enxofre existentes no Mercado e suas Características de Operação, Manutenção e de Eficiência	7
3.2. Levantamento de Informações existentes quanto aos Custos de Aquisição, Instalação, Operação e Manutenção de Sistemas de Controle de Dióxido de Enxofre	7
3.3. Estimativa do Custo total de Controle de Dióxido de Enxofre, por Fonte	9
3.4. Levantamento do Custo de Produção e Outras Informações das Empresas	10
a. Determinação dos Setores e Subsetores Industriais a serem estudados	
b. Seleção das Indústrias atuadas pela CETESB para controle de SO ₂ a serem estudadas em cada Subsetor	
c. Levantamento de Campo	
3.5. Depuração dos Dados Fornecidos nos Questionários	13
3.6. Avaliação do Impacto do Controle do SO ₂ no Custo de Produção das Empresas	14
3.7. Adequação dos Dados Obtidos de Custo de Produção e Controle de SO ₂ ao Modelo de Avaliação do Impacto do Custo de Controle deste Poluente	14

4. SISTEMAS DISPONÍVEIS PARA O CONTROLE DE DIÓXIDO DE ENXOFRE	17
4.1. A Nível Mundial	17
a. Processos Úmidos	
b. Processos Úmido/Seco	
c. Processos Secos	
4.1.1. Situação nos Estados Unidos da América do Norte	
4.1.2. Situação no Japão	
4.1.3. Situação na República Federal Alemã	
4.2. A Nível Nacional	26
5. ASPECTOS ECONÔMICOS DA DESSULFURIZAÇÃO DE GASES EM OUTROS PAÍSES	30
5.1. Investimento e Custo Total	30
5.2. Importância Econômica dos Subprodutos da Dessulfurização	37
6. CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE DESSULFURIZAÇÃO DE GASES	41
6.1. Considerações Iniciais	41
6.2. Custo de Implantação do Sistema	41
6.3. Custo de Operação	45
a. Custo da Energia Elétrica	
b. Custo do Reagente	
c. Custo da Mão de Obra de Operação	
d. Custo da Água e da Disposição de Efluentes	
e. Custo Anual de Operação	
6.4. Custo de Manutenção	50
7. ANUALIZAÇÃO DO CUSTO DO SISTEMA DE CONTROLE DE SO ₂	51
7.1. Escolha da Unidade de Tempo para Periodização dos Diversos Itens do Custo	51
7.2. Seleção de Método para Determinar o Custo Anual Total do Sistema	52

8 . RESULTADOS	55
8.1. Considerações Gerais	55
8.2. Participação de cada Componente do Custo no Custo Total do Sistema	56
8.3. Impacto no Custo de Produção	62
8.4. Custo de Controle por Tonelada de SO ₂ Remo- vido	63
9 . REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
10. AGRADECIMENTOS	73
11. EQUIPE COORDENADORA E EXECUTORA DO ESTUDO	75
ANEXO 1 - Classificação de Gêneros Industriais da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística	76
ANEXO 2 - Resumo do Número de Indústrias que serviram de base para o Estudo, por Setor e Subse - tor Industrial e segundo a condição de par ticipação das mesmas	78
ANEXO 3 - Modelo de Carta para Encaminhamento dos Questionários	92
ANEXO 4 - Questionário Inicial	95
ANEXO 5 - Questionário Final	99
ANEXO 6 - Registro Fotográfico de alguns Lavadores Instalados na Grande São Paulo para Contro le de Dióxido de Enxofre	104

ESTIMATIVA DO CUSTO DE CONTROLE DE DIÓXIDO DE ENXOFRE NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

1. INTRODUÇÃO

Tendo em vista os altos níveis de dióxido de enxofre que tem sido verificados na Região Metropolitana de São Paulo, bem acima do padrão de qualidade do ar estabelecido, acarretando em consequência efeitos diversos à saúde pública, além de outros efeitos, o Governo do Estado de São Paulo, através da CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, iniciou em 1982 um programa de controle a fim de reduzir as concentrações de dióxido de enxofre a níveis que atendam ao padrão estabelecido. A redução necessária nas emissões desse poluente, para atender o padrão de qualidade do ar, é de 66%, de acordo com o modelo proporcional adotado pela CETESB, sendo a meta atingir essa redução até dezembro de 1985. A distribuição das emissões de SO_2 na Região Metropolitana de São Paulo por tipo de fonte é apresentada no quadro 1.

A estratégia de controle adotada pela CETESB prevê as seguintes exigências para as fontes estacionárias existentes:

- a. As fontes estacionárias de queima de combustível, com emissão maior que 158 Kg/dia de SO_2 , terão que atender ao limite máximo de emissão de 20 Kg de SO_2 por tonelada de óleo combustível queimado (com base na cota de óleo de 1981). Esse limite equivale a uma redução de 80% na emissão para o caso de queima de óleo combustível de alto teor de enxofre (BFP - máximo de 5% de enxofre) permitindo que essa redução seja atingida com a utilização de sistema de dessulfurização na fonte (controle direto), pela mudança para óleo de baixo teor de enxofre (BTE - máximo de 1% de enxofre) ou pela utilização de energia elétrica.
- b. Os processos e operações industriais que emitem dióxido de enxofre terão que controlar a emissão utilizando a melhor tecnologia prática disponível, conforme definido pela CETESB.

Q U A D R O 1

DISTRIBUIÇÃO DAS EMISSÕES DE DIÓXIDO DE ENXOFRE NA
REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO - POR TIPO DE FONTE (1980)

FONTE DE POLUIÇÃO	EMIÇÃO (t/dia)	CONTRIBUIÇÃO (%)
Processos e operações industriais	24	3,0
Queima de combustíveis em fontes estacionárias	635	78,8
Incineração de resíduos sólidos	1	0,1
Veículos a gasolina	49	6,1
Veículos diesel	97	12,0
T O T A L	806	100

O quadro 2 apresenta a emissão residual de dióxido de enxofre com a aplicação da estratégia adotada pela CETESB.

A avaliação do impacto econômico desse Programa de Controle torna-se importante para o conhecimento da distribuição dos custos de controle nas diversas empresas que participam deste programa. Esta informação auxiliará a tomada de decisões pelo administrador do referido programa.

Os resultados deste estudo tem importância também para as empresas poluidoras na medida em que permite o conhecimento do seu custo de controle comparativamente às demais empresas do mesmo setor ou subsetor industrial e também em relação aos demais setores industriais. Além disso as empresas terão uma visão maior do custo de controle em relação aos diversos componentes do mesmo.

O presente estudo, tratou somente do aspecto custo de controle sem mensurar os benefícios do mesmo. No entanto, um estudo mais abrangente está em desenvolvimento com a finalidade de determinar o custo dos efeitos ocasionados pela poluição pretendendo-se obter relações do tipo custo/benefício. Dessa forma, está a CETESB iniciando a utilização do fator econômico nas suas decisões ambientais de forma a realizar o necessário controle da poluição, mas com os menores custos possíveis.

Deve-se ressaltar que o estudo que será aqui descrito, pela sua natureza e abrangência, poderá apresentar resultados diferentes da realizada quando verificado individualmente, no entanto, na média, deverá estar próximo da situação real. O distanciamento da realidade deve-se aos seguintes fatores:

- . As condições específicas de cada fonte (lay-out, espaço, condições de operação, etc.);
- . A qualidade dos dados fornecidos pelas empresas;
- . O número relativamente pequeno de sistemas para os quais se tinha dados de custo, concentrando-se principalmente nas fontes pequenas e médias;
- . As assumidas que foram necessárias para os casos de falta de dados;

Q U A D R O 2

EMIÇÃO RESIDUAL DE SO₂ COM A APLICAÇÃO DA ESTRATÉGIA ADOTADA *

F O N T E	EMIÇÃO SEM CONTROLE (t/dia)	EMIÇÃO RESIDUAL (t/dia)	REDUÇÃO (%)
Processos e operações industriais	24	4,8	80
Queima de combustíveis em fontes estacionárias			
. Óleo BPF	561	150	73,3
. Óleo BTE	41	41	0
. Óleo Diesel	12	9,2	23
. Óleo OC 4	8,4	4,6	45,2
. Óleo mistura 25	4,5	1,3	71,1
. Óleo mistura 50	5,4	1,8	66,7
. Óleo mistura 75	0,3	0,1	66,7
. Outros combustíveis	2	22	0
Queima de resíduos sólidos	1	1	0
Veículos a gasolina	49	49	0
Veículos Diesel	97	97	0
T O T A L	806	362	55,1

* Estratégia Adotada: Exigência de controle segundo a melhor tecnologia prática disponível nas emissões provenientes de processos e operações industriais e emissão máxima de 20Kg de SO₂ por tonelada de óleo queimado, para fontes que emitem de 150Kg/dia.

. O fato de que o equipamento de controle não é produzido em série tendo seus custos portanto a influência do fator demanda. Custos indiretos tem maior influência no custo final quando a produção é menor.

Deve-se ressaltar ainda que a época de realização do estudo também pode ter efeitos importantes no resultado final, havendo nesse caso um aumento dos índices encontrados em função da baixa produção industrial no período considerado (basicamente 1983 e 1984).

Dessa forma, os resultados do estudo devem ser avaliados pela comunidade a que se destina, sendo importante o recebimento de críticas e sugestões para o seu aperfeiçoamento.

2. OBJETIVOS DO ESTUDO

2.1. Objetivo Geral

O objetivo geral do presente estudo é estimar o custo de controle de dióxido de enxofre na Região Metropolitana de São Paulo.

2.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos principais do presente estudo são:

- a. Estimar o custo anual total para implantação (aquisição, instalação, etc.), operação e manutenção de equipamentos de controle de poluição por dióxido de enxofre.
- b. Estimar o impacto do controle de dióxido de enxofre no custo de produção por setor industrial.

3. ETAPAS E METODOLOGIA

A execução do presente estudo envolveu as seguintes etapas e respectivas metodologias:

3.1. Levantamento e análise dos tipos de sistemas de controle de dióxido de enxofre existentes no mercado e suas características de operação, manutenção e de eficiência.

O levantamento de sistemas existentes foi realizado utilizando-se os planos de controle de dióxido de enxofre das firmas atuadas pela CETESB com relação a esse poluente.

As características de operação e manutenção foram verificadas nos projetos e orçamentos apresentados à CETESB pelas indústrias atuadas, bem como em inspeção aos sistemas já instalados e em operação.

As eficiências dos sistemas foram estimadas com base nos planos de controle apresentados e em resultados de medições apresentados à CETESB.

A análise das informações foi realizada comparativamente ao estado da arte em outros países.

3.2. Levantamento de informações existentes quanto aos custos de aquisição, instalação, operação e manutenção de sistemas de controle de dióxido de enxofre.

Os custos relativos à implantação, aquisição e montagem, etc., foram obtidos nos orçamentos apresentados à CETESB, já citados acima e nas informações fornecidas nos formulários utilizados no levantamento de campo, realizado junto às indústrias escolhidas como amostra neste estudo complementados por dados do acervo da CETESB. Considerando que a vazão de produtos de combustão em caldeiras é função principalmente da quantidade de óleo combustível queimado, utilizou-se o consumo de combustível máximo horário como parâmetro básico para o dimensionamento do sistema. Assim o custo de implantação do sistema foi considerado proporcional ao consumo máximo de

combustível por hora. Das fontes pesquisadas conseguiu-se um total de 10 sistemas de controle, constituídos de lavadores com soda cáustica como líquido reagente com informações completas ou semi-completas com relação ao custo de aquisição. Os lavadores com soda foram escolhidos como base para a determinação do custo de controle por ser a tecnologia de controle direto com maior utilização até o momento. Com base no consumo máximo de óleo horário e nos custos de implantação obtidos desenvolveu-se um modelo matemático que mais se ajustava ao universo de dados existentes, adaptando-se o mesmo nos casos de outras fontes que não caldeiras.

Para determinação dos custos de operação foram considerados os seguintes itens: aqueles relativos a energia elétrica, mão-de-obra de operação, reagente, consumo de água e custo da disposição do efluente líquido. Para determinação do custo de energia elétrica utilizou-se um modelo matemático de potência total instalada (motores dos ventiladores e das bombas de recalque) em função do consumo de óleo máximo horário que serviu de base para o dimensionamento do sistema. O modelo matemático foi obtido com base nas informações constantes dos planos e/ou projetos apresentados à CETESB, complementados pelos levantamentos de campo, e o preço da demanda e do consumo de energia elétrica foi obtido junto à Eletropaulo. Para a mão-de-obra utilizada na operação do sistema foi considerado um valor de 1 hora por turno de 8 horas tendo em vista que as informações levantadas em campo indicaram que não houve contratação de pessoal específico para essa função, sendo utilizados normalmente os operadores das caldeiras. O custo do reagente consumido foi obtido considerando-se o consumo relativo no valor obtido pela estequiometria da reação do dióxido de enxofre com a soda considerando-se a formação de bissulfito de sódio, eficiência de 80% exigida pela CETESB, eficiência de 90% na reação e 5% de enxofre no óleo combustível. O preço da soda foi obtido em pesquisa junto a fornecedora des-

se material e junto às indústrias pesquisadas. Para o custo relativo ao consumo de água e disposição do efluente considerou-se os valores de vazão de água e de efluente obtidos em campo, o valor cobrado pela SABESP para o esgoto e o custo da água industrial obtida de poços artesianos ou de captação nos corpos d'água considerando-se nesse último caso o custo do tratamento da água captada. O custo da água foi obtido de duas fontes sendo uma de indústria que capta água na superfície e realiza o tratamento da mesma e outra de informação de custo de água industrial constante dos planos de controle apresentados à CETESB.

Não se considerou no presente estudo o custo do tratamento dos efluentes líquidos, tendo em vista que a definição do tipo de tratamento a ser adotado dependerá da localização específica de cada indústria, bem como a solução para os efluentes deve ser estudada em conjunto com a recuperação do reagente face ao alto custo relativo ao consumo de reagente, o que pode gerar inclusive uma diminuição no custo de operação.

O custo da disposição dos resíduos sólidos gerados não foram considerados significativos face ao pequeno volume gerado, sendo em consequência desprezados.

Os custos de manutenção foram estimados com base nos valores usuais de mercado e considerando-se um adicional dada a importância da boa manutenção para o funcionamento adequado do sistema.

3.3. Estimativa do custo total de controle de dióxido de enxofre, por fonte.

Com base nas informações obtidas nas etapas anteriores foi estimado o custo total de controle de dióxido de enxofre pela utilização do lavador com soda cáustica.

O custo total assim obtido foi expresso em termos anuais tendo sido utilizado o método da recuperação do capital, para transformação do custo de implantação (aquisição + instalação) a esta unidade de tempo. Ao custo de implan-

tação expresso em termos anuais foram acrescidos os custos de operação e manutenção do sistema, expressos nesta mesma unidade de tempo.

3.4. Levantamento do custo de produção e outras informações das empresas

O objetivo básico desta etapa foi obter o custo de produção das empresas e outras informações que permitissem à CETESB estimar o custo do controle de SO_2 e o impacto do mesmo no custo de produção destas empresas.

Para consecução desta etapa foram planejadas e realizadas as seguintes atividades:

- a. Determinação dos setores e subsetores industriais a serem estudados;
- b. Seleção das indústrias atuadas pela CETESB para controle de SO_2 a serem estudadas em cada subsetor industrial;
- c. Levantamento de campo

- a. Determinação dos setores e subsetores industriais a serem estudados

O critério para determinação dos setores industriais a serem estudados neste trabalho, foi o da significância quantitativa do número de atuadas para o controle de dióxido de enxofre no setor, em relação ao total de empresas atuadas pela CETESB para este controle e; a nível de subsetor industrial foi utilizado o mesmo critério, porém considerando-se o número de empresas atuadas no subsetor em relação ao número de empresas atuadas a nível de setor.

A terminologia adotada para denominar-se os diversos setores industriais foi aquela de classificação dos generos industriais da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Esta classificação é apresentada no anexo nº 1.

A partir da aplicação do critério citado acima, foram determinados os seguintes setores industriais a serem estudados:

- . Produtos de minerais não metálicos
- . Metalúrgica
- . Material elétrico e de comunicações
- . Material de transporte
- . Papel e papelão
- . Borracha
- . Química
- . Produtos farmacêuticos e veterinários
- . Têxtil
- . Produtos alimentares
- . Bebidas

Quanto aos subsetores escolhidos, para serem estudados a nível de cada um dos setores industriais lista dos acima, estes são apresentados no anexo nº 2, nos quadros numerados de 21 a 33.

É importante salientar que a denominação destes subsetores foi feita tomando-se por base o tipo de produto produzido pelas empresas que os compõem.

- b. Seleção das indústrias a serem estudadas em cada setor e subsetor industrial

A seleção das indústrias a serem estudadas, para avaliação do impacto do custo do controle de dióxido de enxofre, sobre o custo de produção das empresas, foi realizada utilizando-se o universo das empresas atuadas pela CETESB para este fim.

Estas empresas foram agrupadas a nível de setor industrial conforme a classificação de generos industriais da Fundação Instituto de Geografia e Estatística (Anexo 1) e, dentro de cada setor as indústrias que o compunham foram reagrupadas a nível de subsetor industrial, levando-se em conta o tipo de produto produzido pelas mesmas.

Uma vez que as empresas estavam agrupadas a nível de subsetor industrial foi feita a seleção daquelas a serem estudadas.

Parte das empresas a serem estudadas foi selecionada

pelo critério de amostragem intencional ou seja, foram escolhidas considerando-se alguma característica conhecida a priori, como por exemplo o porte; enquanto as demais empresas estudadas foram selecionadas de forma aleatória.

Como regra para determinação do número de indústrias a serem estudadas em cada subsetor, procurou-se sempre que possível manter-se uma razão direta entre o número de indústrias constantes do subsetor e o número de indústrias estudadas.

Os quadros numerados de 21 a 33, apresentados no anexo 2, mostram a nível de setor e subsetor industrial selecionado para o estudo, o número de indústrias atuadas pela CETESB para controle de SO₂; destas, o número de indústrias selecionadas em cada subsetor para fazerem parte do estudo; e das indústrias integradas ao estudo, aquelas que prestam colaboração respondendo o questionário de levantamento de dados, e finalmente deste último subuniverso o número de questionários utilizados para o trabalho, uma vez que nem todos questionários foram respondidos de maneira adequada, para o que se pretendia.

Os diversos setores e subsetores industriais estudados são compostos por um total de 279 empresas ou seja, 83% do total de empresas atuadas pela CETESB para o controle de dióxido de enxofre.

c. Levantamento de campo e obtenção de informações

Para obtenção de informações necessárias à avaliação do impacto do custo do controle de dióxido de enxofre, no custo de produção das empresas, foi realizado levantamento de campo.

Este levantamento consistiu em visita as indústrias selecionadas em cada subsetor a ser estudado, para entrega de formulário para obtenção de informações e explicações sobre o preenchimento do mesmo.

A ida do técnico da CETESB a indústria era precedida

de contato telefônico no sentido de explicar os objetivos do estudo, obter-se a colaboração da indústria e agendar-se a visita a mesma.

Os formulários entregues à indústria eram acompanhados de carta (anexo 3) da Diretoria de Controle, reafirmando os objetivos do estudo, bem como assegurando o caráter de confidencialidade dos dados que fossem fornecidos à CETESB.

Na fase inicial do levantamento de campo foi utilizado o formulário apresentado no anexo 4; posteriormente ao avaliar-se a evolução do levantamento de campo foram introduzidas algumas modificações neste formulário, resultando no formulário apresentado no anexo 5.

Durante o levantamento de campo foram entregues questionários às 181 empresas selecionadas para o estudo implicando isto em pelo menos uma visita a cada uma destas empresas.

Das empresas selecionadas duas encerraram as atividades durante o transcorrer do estudo, o que reduziu este universo para 179 empresas; destas, 11 não responderam o questionário, tendo-se obtido um total de 168 questionários respondidos, sendo utilizados para os fins propostos para o trabalho 127 empresas.

3.5. Depuração dos Dados Fornecidos nos Questionários

As falhas mais comuns observadas no preenchimento dos questionários foram as seguintes:

- . falta de referência do mês a que se referia a relação de produtos fabricados pela empresa;
- . dúvida na unidade utilizada pela empresa para indicar o custo de produção;
- . falta de referência clara do período a que se referia o custo de produção;
- . não fornecimento da informação da quantidade máxima horária (Kgmax/h) consumida de óleo combustível;
- . falta de informação quanto ao custo de produção.

Estas falhas quando não puderam ser sanadas, através de novos contatos com a empresa, determinavam a exclusão da mesma do estudo, o que reduziu o número de empresas de 168 (questionários respondidos) para 127 (empresas para os quais se pode chegar, ao resultado final).

3.6. Avaliação do impacto do controle de SO₂ no custo de produção das empresas

O objetivo desta etapa do trabalho é avaliar o impacto ou o incremento no custo de produção das empresas, resultante do controle das emissões de SO₂.

Uma vez que a unidade de tempo escolhida para periodização dos custos relativos ao controle de SO₂ foi a unidade ano, a avaliação do impacto ou incremento, do custo de controle deste poluente sobre o custo de produção das empresas, deve ser feito em relação a esta unidade.

Assim, a avaliação do impacto ou incremento do custo de controle de SO₂ sobre o custo de produção das empresas foi realizada com a utilização da seguinte expressão:

$$I = \frac{CTSA}{CPA} \times 100$$

Onde:

I = impacto ou incremento no custo de produção das empresas, resultante do controle de SO₂ (%)

CTSA = custo anual total do sistema de controle de SO₂

CPA = custo anual total da empresa (sem incluir o controle de SO₂)

3.7. Adequação dos dados obtidos de custo de produção e controle de SO₂ ao modelo de avaliação do impacto do custo de controle deste poluente.

Com relação a adequação dos dados de custo de produção das empresas, obtidos no levantamento de campo, à fórmula de avaliação do impacto do custo de controle de SO₂, esta adequação foi realizada considerando-se as seguintes situações concretas:

- . os dados obtidos, na maioria das vezes, são de custo mensal de produção, o que exige sua transformação para a unidade ano. Isto foi realizado multiplicando-se o valor fornecido por 12;
- . uma variante da situação acima ocorreu quando a informação de custo de produção fornecida se referia ao mês de fevereiro. Deste caso, tratando-se de um mês com menor número de dias, o dado fornecido foi dividido pelo número de dias do mês e multiplicado por 30, para depois transformá-lo (mediante multiplicação por 12) em termos anuais.

Este tipo de tratamento dispensado ao mês de fevereiro pode introduzir alguma distorção nos resultados do trabalho, na medida em que o item de custo de produção mão de obra (salários + encargos sociais) independe do número de dias do mês; porém esta distorção, se houver, deverá ser relativamente pequena na medida em que é reduzido o número de empresas que prestaram informação com base neste mês e, também porque na indústria o item mão de obra não é o principal item de custo (sua participação no custo total da indústria gira em torno de 15%).

Com relação ao custo do controle de SO₂ este foi calculado a preços de Julho de 1984 e, supôs-se que os itens que o compõem variem de modo igual a ORTN.

Desta forma o dado que se obtém da aplicação da fórmula de custo anualizado do sistema está expresso em preços de julho de 1984.

Para adequar esta informação ao modelo de avaliação do impacto do custo de controle de SO₂ sobre o custo de produção da empresa, o valor obtido como custo anual do controle deste poluente teve de ser reduzido (inflacionado ou deflacionado) ao mesmo mês a que se referia o custo de produção fornecido pela empresa.

Outra adequação necessária foi para os casos em que a indústria forneceu o custo de produção em termos anuais. Nesta situação foi necessário reduzir-se o custo anual de controle de SO₂ ao mês médio do período a que se re-

feria o custo de produção (quando a empresa não citava o período a que se referia o custo anual, foi suposto que o período era o de janeiro a dezembro e o mês médio o de julho) e então foi feita a avaliação de impacto do controle deste poluente sobre o custo de produção da empresa.

4. SISTEMAS DISPONÍVEIS PARA O CONTROLE DE DIÓXIDO DE ENXOFRE

4.1. A Nível Mundial

A tecnologia disponível para a dessulfurização de gases está caracterizada pelos seguintes processos:

a. Processos úmidos

- . Calcáreo
- . Cal
- . Cal/Calcáreo
- . Carbonato de sódio
- . Duplo alcali
- . Wellman-Lord
- . Soda
- . Amônia
- . Citrato de sódio

b. Processos úmido/seco

- . Spray Dry com carbonato de sódio
- . Spray Dry com soda
- . Spray Dry com cal

c. Processos secos

- . Óxido de cobre
- . Carvão ativado

Vários dos processos acima podem ser subdivididos com relação à recuperação do reagente ou produção de produtos que tenham valor comercial, de forma a reduzir o custo operacional do sistema. Como exemplo podemos citar o Processo Calcáreo que pode ter a formação de um produto comercial que é gesso ou simplesmente pode ser de descarte simples da lama formada. O Processo Duplo-Alcali por seu lado promove a recuperação do reagente, diminuindo portanto o consumo do mesmo.

O quadro 3 mostra os processos principais de dessulfurização, seus reagentes, reações químicas principais e resíduos ou produtos formados.

As eficiências de controle para todos os processos aci-

Q U A D R O 3

PROCESSOS DE DESSULFURIZAÇÃO DISPONÍVEIS A NÍVEL MUNDIAL,
COM OS REAGENTES UTILIZADOS, REAÇÕES PRINCIPAIS, RESÍDUOS E PRODUTOS FORMADOS

PROCESSO	BASE	REAGENTE	REAÇÃO PRINCIPAL	REAÇÃO DE RECUPERAÇÃO	RESÍDUO	PRODUTO	COM
Calcareo	úmida	Calcareo (CaCO ₃)	CaCO ₃ +SO ₂ + CaSO ₃ ·CO ₂ CaSO ₃ +SO ₂ +H ₂ O + Ca(HSO ₃) ₂	-	Lama de sulfito/ Bissulfito/sulfato de cálcio	-	
Calcareo com produção de gesso	ídem	ídem	ídem	CaSO ₃ ·1/2 O ₂ +2H ₂ O + CaSO ₄ ·2H ₂ O	-	Gesso (sulfato de cálcio)	
Cal	ídem	Cal (CaO ou Ca(OH) ₂)	Ca(OH) ₂ +SO ₂ + CaSO ₃ +H ₂ O CaSO ₃ +SO ₂ +H ₂ O + Ca(HSO ₃) ₂	-	Lama de sulfito/ Bissulfito/sulfato de cálcio	-	
Cal com produção de gesso	ídem	ídem	ídem	CaSO ₃ ·1/2 O ₂ +2H ₂ O + CaSO ₄ ·2H ₂ O	-	Gesso	
Cal/Calcareo	ídem	Cal e Calcareo	CaCO ₃ +SO ₂ + CaSO ₃ +CO ₂ Ca(OH) ₂ +SO ₂ + CaSO ₃ +H ₂ O CaSO ₃ +SO ₂ +H ₂ O + Ca(HSO ₃) ₂	-	Lama de sulfito/ Bissulfito/sulfato de cálcio	-	
Cal/Calcareo com produção de gesso	ídem	ídem	ídem	CaSO ₃ ·1/2 O ₂ +2H ₂ O + CaSO ₄ ·2H ₂ O	-	Gesso	
Duplo-Alcali	ídem	Soda cáustica (NaOH) e Cal (na recuperação)	2NaOH+SO ₂ + Na ₂ SO ₃ +H ₂ O Na ₂ SO ₃ +SO ₂ +H ₂ O + 2NaHSO ₃	-	Lama de sulfito/ de cálcio	Soda (re-utilizada no lavador)	
Soda	ídem	Soda cáustica (NaOH)	ídem	-	Solução de sulfito/bissulfito/sulfato de sódio	-	
Wellman-Lord	ídem	Sulfato de Sódio (Na ₂ SO ₃)	SO ₂ +Na ₂ SO ₃ +H ₂ O + 2NaHSO ₃	2NaHSO ₃ + Na ₂ SO ₃ +SO ₂ +H ₂ O	-	Sulfato de sódio (re-utilizado no lavador) e diox. enx. concentrado	1
Amônia	ídem	Amônia (NH ₃)	NH ₃ +SO ₂ +H ₂ O + NH ₄ HSC 2NH ₃ +SO ₂ +H ₂ O + (NH ₄) ₂ SO ₃	-	Solução de sulfito/bissulfito/sulfato de amônia	-	2
Amônia com recuperação	ídem	ídem	ídem	NH ₄ HSC+NH ₃ + (NH ₄) ₂ SO ₃ (NH ₄) ₂ SO ₃ +1/2 O ₂ + (NH ₄) ₂ SO ₄	-	Sulfato de amônia	3
Carbonato de sódio	ídem	Carbonato de sódio (Na ₂ CO ₃)	Na ₂ CO ₃ +SO ₂ + Na ₂ SO ₃ +CO ₂	-	Solução de sulfito de sódio	-	
Magnésio com recuperação	ídem	Óxido de magnésio (MgO)	MgO+SO ₂ +H ₂ O + MgSO ₃	MgSO ₃ + MgO+SO ₂	-	Óxido de magnésio (re-utilizado no lavador) e diox. enx. conc.	1
Spray-Dry	Absorção úmida/colete a seco	Cal ou soda ou carbonato de sódio	Vide reações acima para o reagente utilizado	-	Sulfito/bissulfito/sulfato de cálcio ou cálcio em forma sólida (pó)	-	1

Obs: 1 - SO₂ concentrado pode ser transformado em enxofre elementar ácido sulfúrico ou SO₂ líquido. Processo mais adequado para fábricas de ácido sulfúrico, refinarias de petróleo, indústrias químicas em geral e grandes fontes de SO₂.

2 - O Resíduo pode ser comercializado para indústrias de fertilizantes

3 - O sulfato de amônia pode ser vendido para indústrias de fertilizantes

4 - A coleta final deve ser feita por filtro de tecido ou precipitador eletrostático

ma são da ordem de 95% exceto para o processo calcáreo e óxido de cobre para os quais a eficiência é de 90%.

4.1.1. Situação nos Estados Unidos da América do Norte

O controle de dióxido de enxofre nos E.U.A. iniciou-se efetivamente em 1970, sendo que atualmente existem cerca de 135 sistemas instalados naquele país, correspondendo a uma capacidade de 54000MW. O crescimento de unidades implantadas desde 1968 é mostrado na figura 1.

Os processos mais utilizados são o Processo Calcáreo e o Processo Cal, que correspondem a 70% do total instalado. Segundo dados de 1981 é a seguinte a participação de cada processo utilizado.

. Lavagem com calcáreo	47,3%
. Lavagem com cal	23,8%
. Lavagem com cal/cinzas	9,2%
. Processo Wellman-Lord	4,2%
. Spray Dry com cal	3,8%
. Lavagem com calcáreo/cinzas	3,0%
. Duplo-Alcali	2,4%
. Lavagem com carbonato de sódio	1,9%
. Lavagem com óxido de magnésio	1,7%
. Lavagem com cal/calcáreo	1,5%
. Spray Dry com carbonato de sódio	0,9%
. Outros	0,3%

As capacidades dos sistemas de dessulfurização nos estágios operacional, em construção e planejados estão mostradas no quadro 4.

Deve-se ressaltar que a utilização de sistemas de dessulfurização de gases nos E.U.A. é basicamente em termoelétricas alimentadas a carvão, diferindo conseqüentemente em muito das fontes a serem controladas na Grande São Paulo, que são constituídas principalmente por queima de óleo em caldeiras e fornos, sendo a maioria das fontes de médio porte.

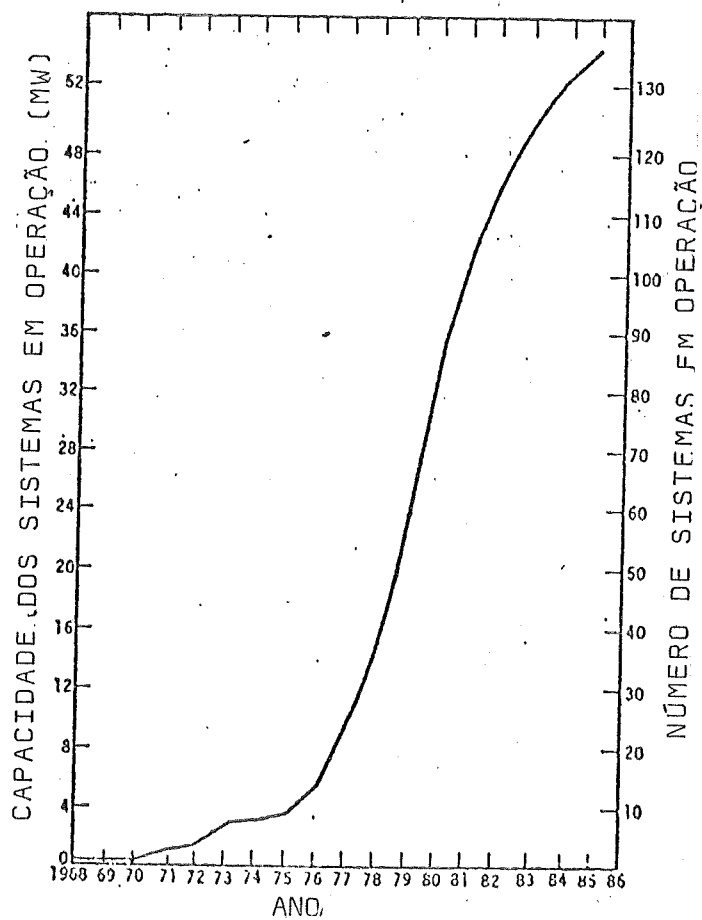


Figura 1 - Crescimento de unidades de dessulfurização de gases nos E.U.A.

Q U A D R O 4

PROCESSOS DE DESSULFURIZAÇÃO EM USO NOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA DO NORTE, RESPECTIVAS CAPACIDADES (MW) E CONDIÇÕES DE USO

PROCESSO	CAPACIDADE POR CONDIÇÃO DE USO (MW)		CAPACIDADE TOTAL (MW)
	EM OPERAÇÃO	EM CONSTRUÇÃO PLANEJADOS	
Calcáreo	7426	9127	26766
Cal	6110	5050	15621
Cal/Calcáreo	20	0	680
Carbonato de Sódio	375	509	884
Óxido de Magnésio	120	0	846
Wellman Lord	429	486	1855
Duplo Alcali	0	1102	1102
Carbonato Aquoso	0	500	500
Citrato	0	60	60
T O T A L	14480	16834	48314

4.1.2. Situação no Japão

O controle de dióxido de enxofre no Japão foi realizado através de três medidas ou seja: redução do teor de enxofre no óleo importado; dessulfurização do óleo e instalação de sistemas de dessulfurização de gases de chaminé. A contribuição de cada uma dessas alternativas utilizadas para a redução da emissão de dióxido de enxofre é mostrada na figura 2.

No Japão a tecnologia de controle de dióxido de enxofre é utilizada desde a década de 60 iniciando-se pela lavagem com soda cáustica, produzindo-se como subproduto o sulfito de sódio que era vendido à indústria de papel. A partir de 1971 começou a ser usado largamente o processo cal/calcareo com produção de sulfato de cálcio (gesso), usado nas fábricas de cimento e como material de construção civil. Em 1976 a produção de gesso desse processo era da ordem de 2 milhões de toneladas.

Em 1979 eram os seguintes os principais processos de dessulfurização de gases utilizados:

- . Cal/calcareo com produção de gesso ou sulfito de cálcio
- . Soda com produção de sulfito/sulfato de sódio
- . Processo amônia com produção de sulfato de amônia
- . Processo Wellman-Lord com produção de enxofre elementar ou ácido sulfúrico
- . Processo magnésio com produção de SO_2 concentrado e recuperação de enxofre elementar ou ácido sulfúrico.

Em 1976 a capacidade total instalada de sistemas de dessulfurização de gases era de $106,1 \times 10^6 \text{ Nm}^3/\text{h}$, em 1143 unidades instaladas. A evolução do número de unidades instaladas e respectivas capacidades é mostrada na figura 3.

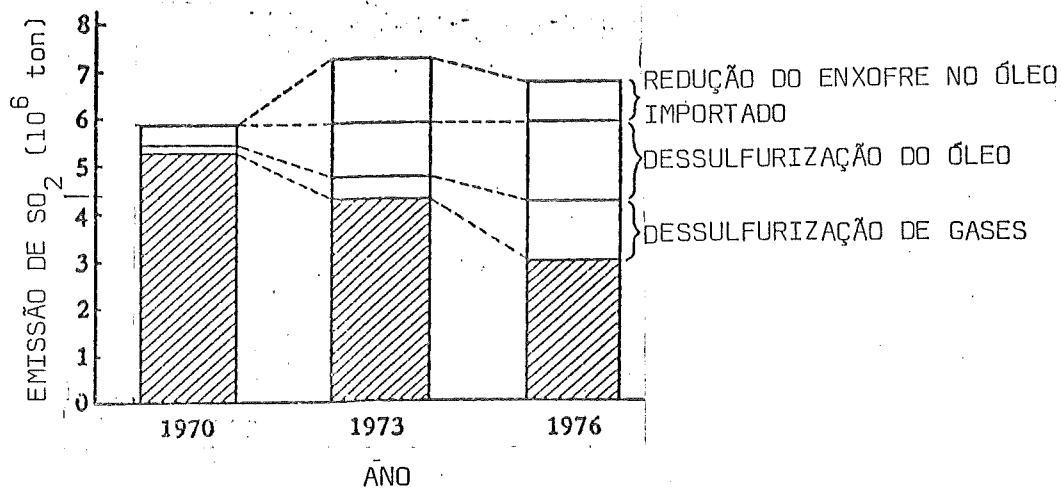


Figura 2 - Contribuição das diversas alternativas utilizadas pelo Japão para controle de SO₂

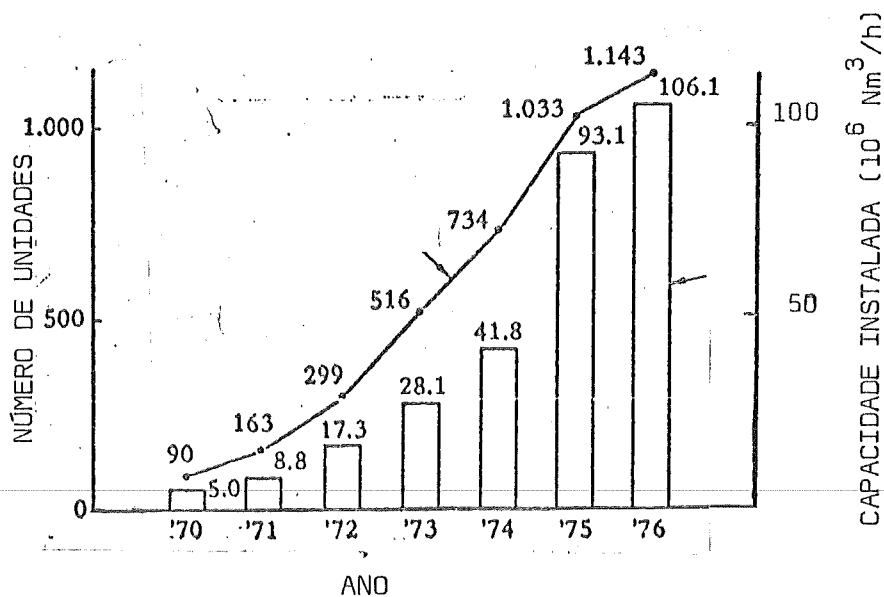


Figura 3 - Crescimento do número de unidades de dessulfurização no Japão e respectivas capacidades

O volume de resíduos e produtos gerados por essas unidades é mostrado na figura 4.

É importante ressaltar que no Japão também foi exigido o controle de fontes pequenas e médias, similarmemente ao que ocorre na Região Metropolitana de São Paulo.

4.1.3. Situação na República Federal Alemã

Na República Federal da Alemanha o desenvolvimento da tecnologia de controle de dióxido de enxofre iniciou-se experimentalmente em laboratório em 1968. Uma unidade em escala comercial foi operada a partir de 1971 para demonstração (capacidade de 140.000 m³/h), em Steag, Lunen. O desenvolvimento da tecnologia de dessulfurização de gases foi realizado com suporte financeiro do Governo Alemão e considerou básico que a tecnologia desenvolvida não transferisse problemas de poluição do ar para as águas ou para o solo.

A exigência de instalação de unidades de dessulfurização iniciou-se em 1974. Os processos disponíveis são os seguintes:

- . Processo cal com produção de gesso
- . Processo cal sem tratamento de lama
- . Processo calcáreo com produção de gesso
- . Processo úmido/seco (Spray Dry) com produção de sulfito ou sulfato de cálcio
- . Adsorção em carvão com produção de enxofre elementar ou ácido sulfúrico
- . Processo amônia com produção de sulfato de amônia

A estratégia de controle de SO₂ na Alemanha baseia-se fundamentalmente na utilização de sistemas de dessulfurização de gases. A fonte principal é a queima de carvão em termoelétricas.

A primeira unidade de dessulfurização entrou em operação comercial em 1977 e até 1984 haviam si-

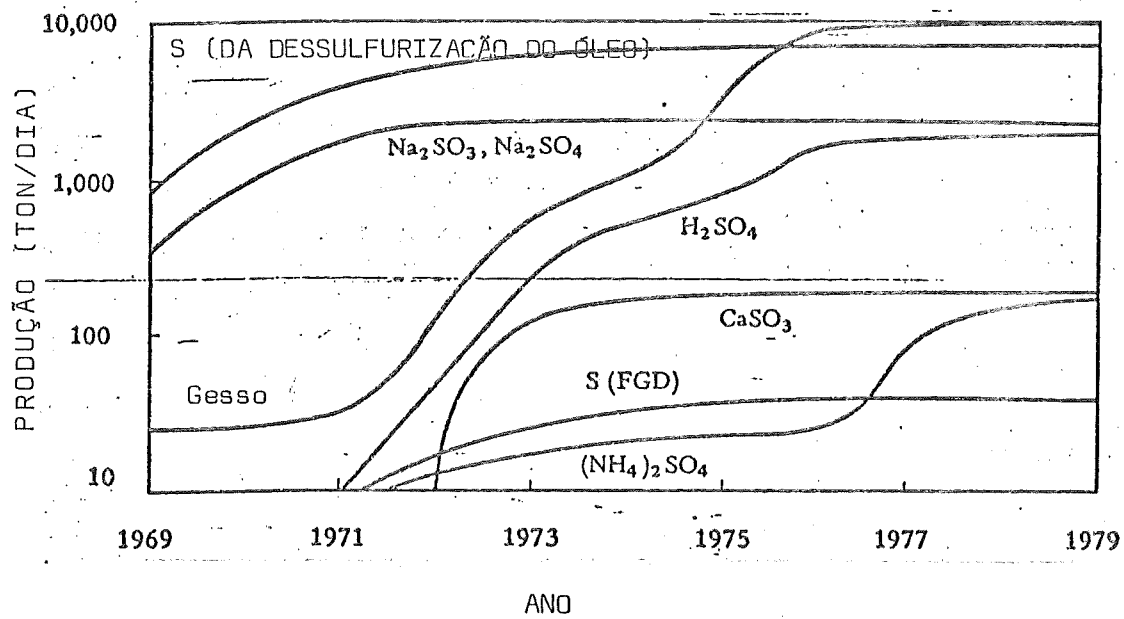


Figura 4 - Subprodutos da dessulfurização no Japão

do instaladas 16 unidades, sendo 15 do processo cal com produção de gesso e uma com processo amônia/sulfato de amônia. A previsão é de que até 1995 20 a 25% da produção de energia estará servida com sistemas de dessulfurização.

4.2. A Nível Nacional

Do levantamento realizado no presente estudo, que teve como base principal os planos de controle de poluição do ar apresentados à CETESB, verificou-se que a oferta atual está caracterizada pelos seguintes processos:

- . Lavagem com soda cáustica em sistemas de baixa energia (lavador tipo spray ou de bandejas)
- . Lavagem com soda cáustica em sistemas de média e alta energia (principalmente venturi seguido de torre de enchimento)
- . Injeção de amônia gasosa seguida de coleta úmida
- . Lavagem de amônia em lavador duplo estágio, com produção de sulfato de amônia e SO_2 concentrado (fábrica de ácido sulfúrico)
- . Lavagem com cal

As soluções que vem sendo apresentadas pelas empresas atuadas para o controle de dióxido de enxofre estavam assim distribuídas em abril de 1984 (quadro 5).

QUADRO 5

SOLUÇÕES ADOTADAS OU EM ESTUDO PELAS EMPRESAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO PARA CONTROLE DE DIÓXIDO DE ENXOFRE, ATÉ 04/84

S O L U Ç Ã O	PLANO CONCRETO		PLANO EM ESTUDO		T O T A L	
	FREQUÊNCIA	%	FREQUÊNCIA	%	FREQUÊNCIA	%
Mudança para energia elétrica	113	43,5	67	61,5	180	48,8
Instalação de equipamento de controle (lavador)	37	14,2	15	13,8	52	14,1
Desativação da fonte	26	10,0	4	3,7	30	8,1
Mudança de combustível	64	24,6	22	20,2	86	23,3
Redução do consumo	20	7,7	-	-	20	5,4
Outros	-	-	1	0,9	1	0,3
Todas	260	100	109	100	369*	100

*Esse total não representa o número total de empresas uma vez que uma empresa pode adotar mais que uma solução.

Testes já realizados comprovaram o atendimento às exigências da emissão de dióxido de enxofre máxima permitida (20 Kg/t de óleo queimado) pelos seguintes sistemas:

- . Lavagem com soda cáustica em sistemas de média e alta energia, caracterizados pelo lavador venturi seguido de torre de enchimento
- . Sistema de injeção de amônia gasosa com coleta final úmida.

Outros testes de eficiência estão em andamento

Até a época do levantamento de campo deste estudo era a seguinte a distribuição dos sistemas de controle de SO₂ proveniente da queima de óleo já implantados na Grande São Paulo:

- | | |
|---|----|
| . Lavagem com soda cáustica | 11 |
| . Lavagem com cal | 1 |
| . Lavagem com solução alcalina do processo | 1 |
| . Injeção de amônia seguida de coleta úmida | 1 |
| . Lavador de amônia com produção de sulfato de amônia | 1 |

Alguns desses sistemas estão mostrados nas fotos constantes do anexo 6.

Atualmente 18 empresas e consultores estão registrados na CETESB para execução de projetos e/ou fornecimento de sistemas de dessulfurização.

A tecnologia disponível é tanto importada como nacional. A adaptação do venturi para controle de SO₂, o sistema amônia e os sistemas à base de cal são tecnologia nacional.

Os sistemas já implantados apresentam grande diversidade em relação ao controle da operação. Foram observados sistemas quase totalmente automatizados até sistemas com nenhuma automatização. Alguns sistemas não possuíam dispositivo controlador/dosador de pH o que torna difícil o controle da eficiência. Pelos motivos que serão expostos na seção que trata do custo do reagente, verifica-se que o controlador/dosador de pH é importante in

clusivo do ponto de vista econômico face ao controle do consumo de reagente que o mesmo proporciona.

5. ASPECTOS ECONÔMICOS DA DESSULFURIZAÇÃO DE GASES EM OUTROS PAÍSES

5.1. Investimento e Custo Total

O investimento necessário para a implantação de sistemas de dessulfurização dependerá de vários fatores, alguns dos quais listamos a seguir:

- . Tipo de combustível
- . Eficiência necessária
- . Tamanho da fonte a ser controlada
- . Tipo de fonte
- . Idade da fonte
- . Tipo de processo de dessulfurização
- . Material de construção utilizado

Levantamentos feitos nos E.U.A. verificaram que os investimentos para sistemas de dessulfurização variam com a potência 0,6 a 0,9 em relação à capacidade do sistema. Esses dados referem-se a unidades de dessulfurização de termoelétricas a carvão. O valor adotado no estudo que levou em conta esse levantamento foi de 0,8.

Para essa decisão foi considerado que metade do investimento necessário varia com a potência 1 da vazão e que os restantes 50% variam com a potência 0,6 a 0,7 da quantidade de enxofre removido. Valores de contingência podem ser de até 50% dependendo do processo de dessulfurização.

Uma comparação de custos realizada nos E.U.A. para vários processos de dessulfurização é mostrada no quadro 6. Os valores ajustados desse quadro levou em consideração a mesma data base (1 de Julho de 1977) e os mesmos ajustes para todos os sistemas, como por exemplo a exclusão dos custos referentes ao controle de material particulado e disposição de cinzas.

É interessante notar que foram consideradas vidas úteis bastante altas (30 anos para unidades de produções novas e 20 anos para unidades antigas) em relação às ado-

QUADRO 6

COMPARAÇÃO DE CUSTOS DE SISTEMAS DE DESSULFURIZAÇÃO NOS E.U.A.
(BASE JULHO DE 1977) REFERÊNCIA 5

TIPO DE SISTEMA	INVESTIMENTO (US\$/Kw BRUTO)		CUSTO ANUAL (10 ⁻³ US\$/Kw.h LIQUIDO)		DESVIO PADRÃO
	FAIXA	MÉDIA	FAIXA	MÉDIA	
• TODOS	56,0 - 233,3	95,8	2,58 - 9,54	5,53	2,09
• fontes novas	66,5 - 117,7	87,6	2,77 - 7,67	5,13	1,79
• fontes existentes	56,0 - 233,3	103,4	2,58 - 9,54	5,92	2,38
• sem regeneração	56,0 - 149,7	89,0	2,58 - 9,54	5,53	2,09
• com regeneração	233,3	12,97	-	-	-
• calcáreo	56,0 - 117,7	87,0	2,58 - 6,56	4,55	1,69
• cal	67,5 - 149,7	94,1	4,09 - 9,54	7,03	1,81
• alcalino/cinzas/calcáreo	71,5	71,5	2,77	2,77	-
• alcalino/cinzas/cal	77,3 - 93,1	85,2	4,06 - 5,55	4,81	1,05
• carbonato de sódio	60,9 - 107,9	84,4	3,20 - 4,38	3,79	0,83
• óxido de magnésio	233,3	233,3	-	-	-

OBS: • Custos ajustados para uma mesma base

- Excluídos os custos referentes ao controle de material particulado
- Excluídos os custos de disposição de cinzas
- Fator de utilização de 65% da capacidade
- Vida útil de 30 anos para fontes novas e de 20 anos para fontes antigas
- não inclui custo de eletricidade de reposição

tadas no nosso estudo. Trata-se portanto de informação que necessitará de contínua verificação de forma a obter-se valores condizentes com a nossa realidade.

Os valores apresentados no quadro 6 mostram, também que existe uma variação ampla de custos do mesmo considerando o mesmo processo de dessulfurização. O desvio padrão chega a ser maior que 50% do valor do capital médio e de 100% do custo anual médio do sistema. Verifica-se também que, dentre os processos de dessulfurização apresentados e que seriam aplicáveis no Brasil, o processo com carbonato de sódio apresenta o menor investimento inicial e também o menor custo anual, vindo a seguir o processo calcáreo.

Outro estudo, mais recente (1981) também realizado nos E.U.A. apresenta outra comparação de custos de vários processos de dessulfurização. Os resultados deste estudo estão apresentados no quadro 7. Conforme pode ser verificado nos dados apresentados o processo ácido com produção de gesso é o de menor custo anual e um dos menores em termos de investimento. No entanto este tipo de processo, cujo agente absorvedor é o ácido sulfúrico, é pouco utilizado. Dos mais comuns verifica-se que o processo calcáreo é o mais barato em termos de custo total enquanto que o processo cal é o que apresenta menor investimento estando bem próximo do processo calcáreo em termos de custo total. O processo duplo-alcali (soda/cal) apresenta investimento inicial alto e também o mais alto custo total. No entanto tem a vantagem de apresentar menos problemas de incrustação e entupimento pois utiliza líquido de lavagem praticamente isento de sólidos.

Dentre os processos regeneráveis o de menor custo total é o processo amônia, que apresenta também investimento inicial próximo ao menor valor. Esse processo utiliza como reagente uma solução de sulfito de amônia, que no final produz enxofre. Na fase final do processo utiliza a reação do processo Claus.

QUADRO 7

COMPARAÇÃO DE CUSTOS ENTRE VÁRIOS SISTEMAS
DE DESSULFURIZAÇÃO DE GASES (JULHO 79) - E.U.A - REF. 3

TIPO DE SISTEMA	INVESTIMENTO (US\$/KW LÍQUIDO)		CUSTO TOTAL (10 ⁻³ US\$/KW.H)		IMPACTO NO CUSTO DA ELETRICIDADE (%)
	SISTEMA	REPOSIÇÃO DE ELETRICIDADE	BRUTO	LÍQUIDO	
SEM REGENERAÇÃO					
• calcáreo	109	21	5,9	5,9	15,9
• cal (comprada)	104	20	6,1	6,1	16,5
• cal (com calcinador)	117	21	6,4	6,4	17,3
• calcáreo + cal	118	22	6,3	6,3	17,0
• duplo alcali	143	19	7,2	7,2	19,5
• ácido com produção de gesso	109	21	6,0	0,2	15,7
COM REGENERAÇÃO DE ENXOFRE					
• magnésio (produzindo H ₂ SO ₄)	150	26	8,2	0,7	20,3
• magnésio	155	27	8,9	0,6	22,4
• Wellman-Lord	143	34	8,2	0,6	20,5
• citrato de sódio	137	30	8,0	0,6	20,0
• carbonato aquoso	161	29	9,7	0,6	24,6
• amônia	140	29	7,9	0,6	19,7

BASES: • Termoelétrica com capacidade de 800 MW líquidos, 3,9% de enxofre, no carvão, custos de Julho/79

- 95% de remoção de SO_x exceto para processo calcáreo (90%)
- Energia requerida pelo sistema é obtida da termoelétrica em questão
- O crédito relativo aos produtos obtidos foram assim considerados: enxofre 40US\$/t, ácido sulfúrico 15US\$/t, gesso 2US\$/t
- O impacto foi calculado considerando custo Energia Elétrica de 37x10⁻³US\$/KW.h

No quadro 7 também são apresentados os impactos do custo da dessulfurização em relação ao custo da energia elétrica produzida. Essa informação foi obtida tendo como base o custo da energia elétrica (37×10^{-3} US\$/KW.h) a apresentado no estudo em referência.

Dados do Japão indicam os seguintes valores para o investimento inicial de vários sistemas de dessulfurização de gases para caldeiras:

<u>SISTEMA</u>	<u>INVESTIMENTO US\$/KW (1981)</u>
. com lama descartável	48 - 60
. com produção de gesso	60 - 80
. com recuperação de sulfito de sódio	20 - 40
. com recuperação de sulfato de amônia	40 - 60
. com regeneração (SO ₂ concentrado)	80 - 100

Informações da República Federal Alemã de 1982 mostram que o custo de sistemas de dessulfurização naquele país correspondem de 12 a 15% do investimento total de implantação de termoelétricas a carvão. Em termos absolutos o investimento para dessulfurização é da ordem de 40 milhões de Marcos ($11,8 \times 10^6$ US\$) para uma termoelétrica de 150 MW líquidos e de 125 milhões de Marcos ($36,9 \times 10^6$ US\$) para 750 MW líquidos. Esse custo refere-se à eficiência de dessulfurização de 95%, carvão com 1,3% de enxofre e sistema de dessulfurização completo. Nas figuras 5 e 6 estão apresentados respectivamente o capital requerido em função da capacidade do sistema e o custo total de dessulfurização em função do tempo de operação do sistema por ano.

O estudo em questão considera que novas termoelétricas com capacidade total de 27.000 MW de eletricidade irão estar providas de sistemas de dessulfurização a um investimento médio de $18,5 \times 10^6$ Marcos/100 MW totalizando 5 bilhões de Marcos entre 1982 e 1995, sendo que a redução na emissão de SO₂ correspondente será de 750.000 t/

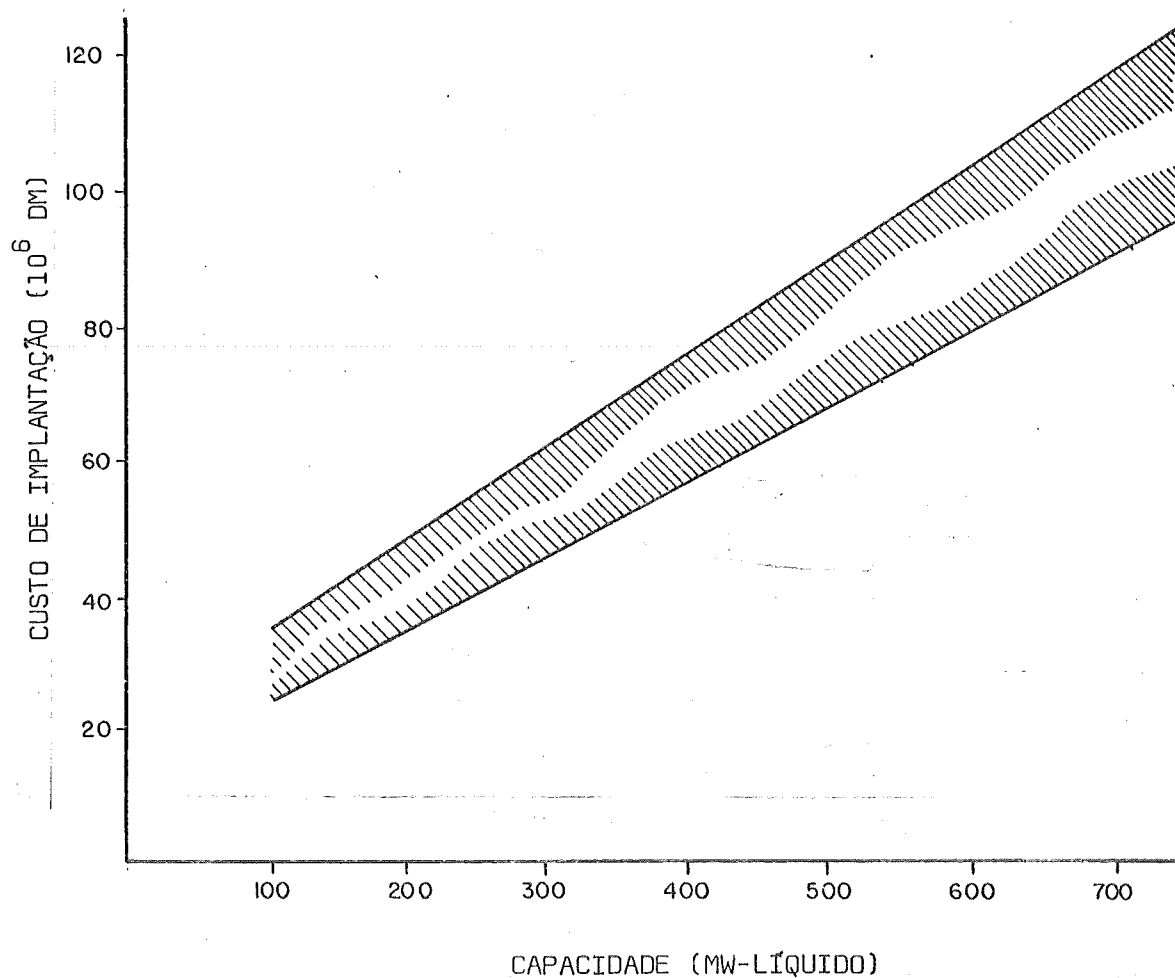


Figura 5 - Custo de Implantação de sistema de dessulfurização de gases de termoelétricas a carvão, na Alemanha Ocidental (data base 1982)

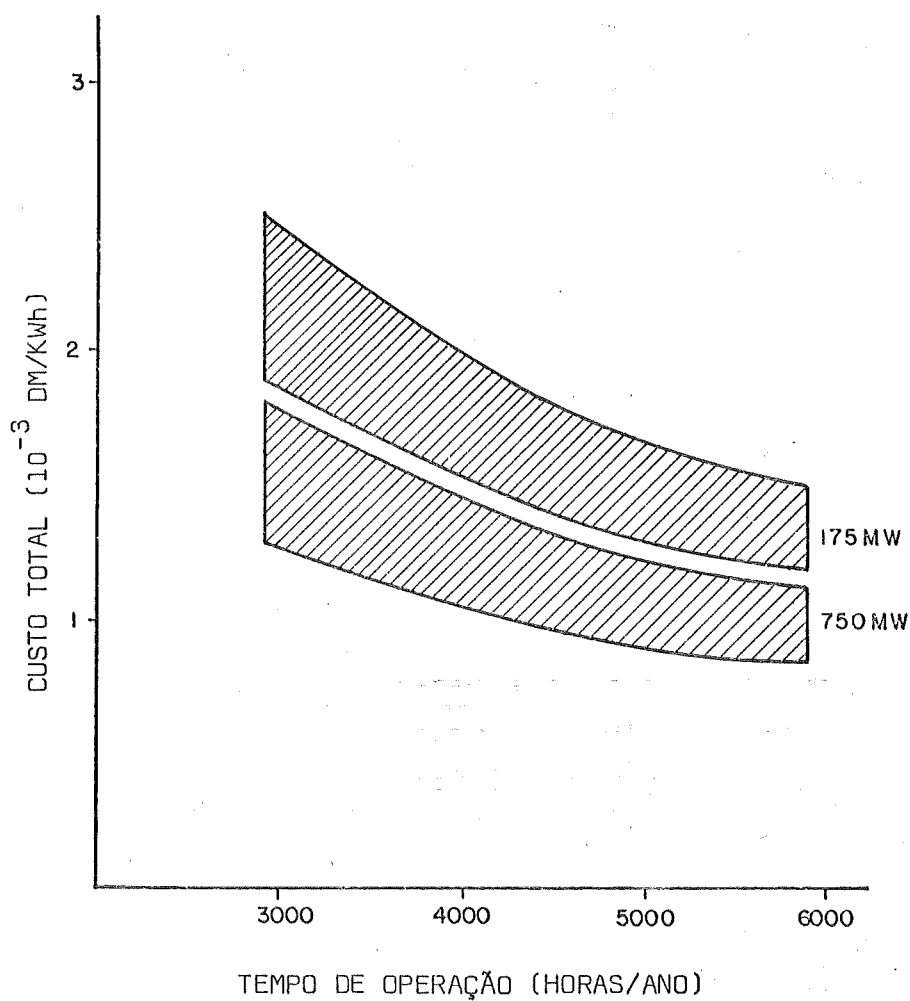


Figura 6 - Custo total de dessulfurização de termoeletricas a carvão, na Alemanha Ocidental, em função do tempo de operação anual (data base 1982)

ano. O aumento do custo da energia elétrica correspondente será de 0,3 a 0,4 Dpfg/KW.h ($9,9 \times 10^{-3}$ US\$ a $11,8 \times 10^{-3}$ US\$/KW.h) para uma proporção de 20 a 25% de usinas termoelétricas com sistemas de dessulfurização em 1995. O aumento do custo de produção de eletricidade numa termoelétrica com sistema de dessulfurização será da ordem de 1,5 Dpfg/KW.h ($4,43 \times 10^{-3}$ US\$/KW.h). Infelizmente não há informação do custo do KW.h que permita verificar o impacto relativo.

O estudo conclui que o aumento do custo de produção de eletricidade é aceitável em função dos danos já visíveis e os efeitos previsíveis devido à emissão de dióxido de enxofre.

5.2. Importância Econômica dos Subprodutos da Dessulfurização

Os resíduos gerados por sistemas de dessulfurização de gases devem ter tratamento e disposição adequados ou devem ser transformados em subprodutos de valor comercial.

O crédito referente à transformação de resíduos em subprodutos de valor comercial já foi apresentado no quadro 7. Verifica-se que somente nos processos com regeneração é que o crédito tem algum significado, sendo a média de 7,3%.

De acordo com a referência os subprodutos gerados por uma termoelétrica de 800 MW a carvão com 3,9% de enxofre a 70% da capacidade máxima teriam o valor comercial que segue (E.U.A.), dependendo do processo de dessulfurização utilizado.

SUBPRODUTO	PRODUÇÃO A 100% DA CAPACIDADE (t/DIA)	VALOR RELATIVO (US\$/t) 1979	VALOR ABSOLUTO (10 ⁶ US\$/ANO) 1979
enxofre	236	66	4,0
SO ₂	473	66	8,0
H ₂ SO ₄	724	49,5	9,2
sulfato de amônia	960	66	8,0
gesso	1495	7,7	2,9

No Japão os subprodutos da dessulfurização apresentaram a variação de preços mostrada na figura 7, no período de 1969 a 1979. Esses dados mostram que o gesso tem valor comercial baixo chegando praticamente a zero em 1976. No entanto, o sulfito de sódio ($\text{Na}_2 \text{SO}_3$) apresenta alto valor comercial.

Na República Federal Alemã, estudos foram desenvolvidos, com suporte governamental, para a transformação dos resíduos em produtos de valor comercial, tendo em vista a não existência de espaço apropriado para a disposição dos resíduos.

Há um mercado atraente para o enxofre ou ácido sulfúrico de processos regenerativos, contudo esses processos não estão disponíveis a nível comercial na Alemanha.

O sulfato de amônia produzido pelo processo Walther tem boa aceitação comercial.

Na maioria dos casos o produto final é o gesso (como sulfato de cálcio dihidratado).

A estimativa é de produção de 1,5 a 2 milhões de toneladas por ano, à partir de 1990. Em comparação, no ano de 1978 foram usados 5 milhões de toneladas de gesso na República Federal Alemã sendo 95% de fontes naturais. Desse total 3 milhões de toneladas foram utilizados como material de construção e os restantes 2 milhões de toneladas são adicionados ao cimento como agente solidificante. A expectativa nesse país é otimista quanto à colocação comercial do gesso, sem grandes lucros.

Na Grande São Paulo ainda não é possível prever quanto ao valor comercial dos resíduos ou subprodutos gerados. O sulfito/bissulfito/sulfato de amônia gerado no processo amônia está sendo comprado pelo próprio fornecedor do sistema de dessulfurização. Os resíduos do processo soda estão sendo lançados no esgoto. É importante caracterizar corretamente os resíduos que estão sendo gerados e verificar da possibilidade de reutilização dos mesmos. Há uma dificuldade adicional no caso da Grande

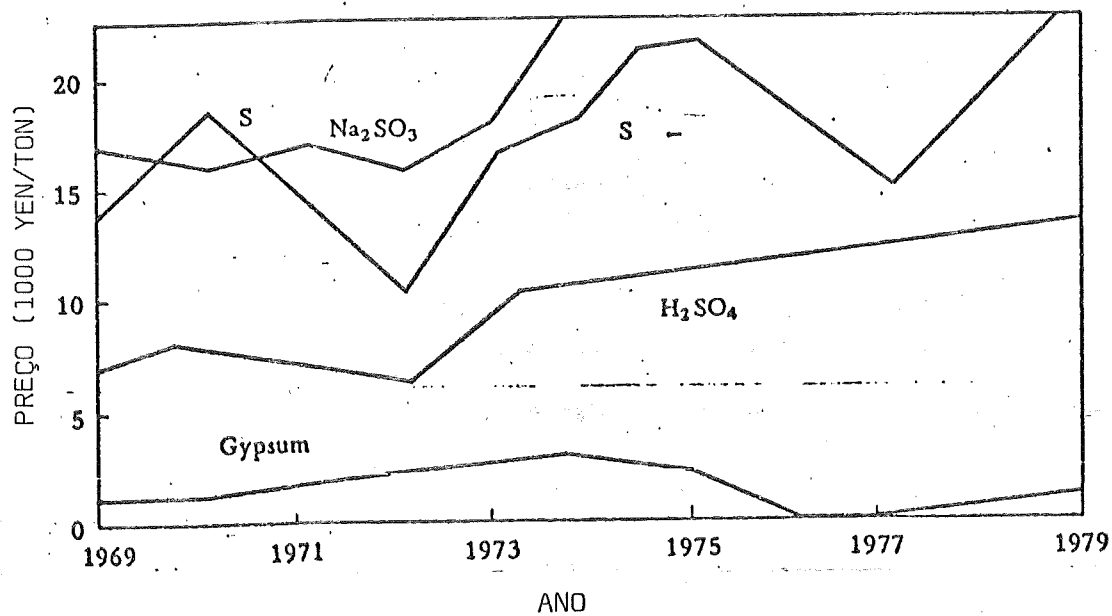


Figura 7 - Valor comercial dos subprodutos da dessulfurização

São Paulo face ao grande número de fontes de pequeno e médio porte, havendo uma diluição grande da quantidade de resíduos na região.

O quadro 8 mostra uma estimativa do consumo de reagentes e volume dos resíduos correspondentes, se cada um dos processos mencionados fossem realizados para atingir a redução necessária na emissão de SO₂ na Grande São Paulo.

Q U A D R O 8

CONSUMO DE REAGENTES E RESÍDUOS GERADOS
PARA CONTROLE DE 444 TONELADAS DE SO₂ POR DIA

PROCESSO	CONSUMO DE REAGENTE (t/ANO) *	RESÍDUOS GERADOS (t/ANO)-base seca *
SODA	107000	269000
CAL	194000	324000
AMÔNIA	78000	280000

* Cálculo efetuado com base na estequiometria da reação sem considerar eficiência da reação

6. CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE DESSULFURIZAÇÃO DE GASES

6.1. Considerações Iniciais

Em função da predominância dos sistemas de lavagem com soda cáustica atualmente na Grande São Paulo e, considerando também que este tipo de sistema é perfeitamente capaz de atender às exigências da CETESB os custos a serem utilizados neste estudo foram determinados em função dessa solução. Ressalvamos no entanto a importância da análise das várias alternativas pelo empresário no sentido de verificar a solução mais vantajosa e conveniente para o caso específico.

6.2. Custo de Implantação do Sistema

O custo de implantação do sistema de dessulfurização inclui desde a compra de todos os componentes do sistema (dutos, lavador, ventilador, bombas, motores, chaminé, instrumentação, etc.) até as despesas com frete, seguro, obras civis, elétricas e hidráulicas e montagem do sistema.

Para a determinação do custo de implantação foi desenvolvido um modelo matemático que expressa a sua variação em função de um parâmetro que governa essa variação.

Um sistema de controle de poluição de ar tem a vazão atual (nas condições reais de temperatura e pressão dos gases) e a eficiência de controle como parâmetros básicos para o seu dimensionamento. No caso de efluentes provenientes da queima de combustível a vazão pode ser considerada diretamente proporcional à quantidade de óleo queimado e, sendo essa fonte a base para o controle de dióxido de enxofre na Grande São Paulo foi o mesmo utilizado como parâmetro determinante do custo de implantação.

A variação do custo de sistemas de controle de poluição do ar, em função do volume de gases a serem tratados, para aplicações e eficiências semelhantes, em geral sa-

atisfaz a uma função potencial do seguinte tipo:

$$CS = K Q^n$$

Sendo:

CS = custo de implantação do sistema

Q = volume real de gases a serem tratados

K = fator de proporcionalidade

n = expoente de proporcionalidade

Como a vazão de gases é proporcional à quantidade de óleo queimado pode-se substituí-la pelo consumo de óleo, tendo-se a seguinte expressão:

$$CS = K (OCH)^n$$

Sendo:

OCH= consumo máximo de óleo no equipamento a ser ventilado (Kg/h)

Os valores de K e n foram determinados através do levantamento de custos constantes dos orçamentos apresentados nos planos de controle de dióxido de enxofre, complementados por informações das indústrias e por informações do acervo da CETESB.

Do levantamento efetuado conseguiu-se obter dados de aquisição para dez sistemas.

Para os sistemas que não apresentavam informações sobre o custo total de implantação assumiu-se como sendo de 42% em relação ao custo de aquisição, a parcela referente a montagem, obras civis, elétricas e hidráulicas. Todos os valores foram reajustados da data base da informação para a data base deste estudo, fixada como sendo julho de 84. O reajuste baseou-se na variação das ORTNs, por ter sido essa variação muito próxima da variação do parâmetro normalmente utilizado no reajuste de preços desse tipo de equipamento (coluna 35 dos índices econômicos da revista Conjuntura da FGV), no período considerado e pela facilidade no seu manuseio.

Os valores de custo assim obtidos estão apresentados no quadro 9.

Q U A D R O 9

CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DE DESSULFURIZADOR DE GASES COM SO
DA CÁUSTICA, EM CALDEIRAS, POR EMPRESA, EM FUNÇÃO DO
CONSUMO DE ÓLEO

EMPRESA	CONSUMO DE ÓLEO MÁXIMO (Kg/h)	CUSTO DE IMPLANTAÇÃO EM JULHO/84 (ORTN)	TIPO DE LAVADOR
A	160	2914	alta energia
B	196	2565	venturi+torre enchimento
C	370	8795	torre de borrifo
D	426	6538	venturi+torre de enchimento
E	450	6045	venturi+torre de enchimento
F	470	9330	torre de borrifo
G	635	10195	torre de borrifo
H	892	9657	venturi+torre enchimento
I	1072	10970	torre de enchimento
J	2140	17276	torre de borrifo

Deve-se ressaltar que os lavadores de alta energia complementam o controle no caso de material particulado (fuligem), tendo alguns deles sido instalados inicialmente para essa finalidade e posteriormente foram modificados para atenderem também à exigência relativa a dióxido de enxofre. Para o controle de dióxido de enxofre esse sistema apresenta a desvantagem de exigir maior potência instalada.

Os dados do quadro 9 foram trabalhados para ajuste da curva de variação do custo versus consumo de combustível com a utilização de programa standard da calculadora HP-41CV (Curve Fitting - Power Function).

Nesse ajuste foram utilizados 8 pares de dados (X, Y) considerando-se a média dos valores das empresas A e B (178; 2740) e D e E (438; 6292) por serem valores muito próximos, o que poderia causar distorções nos resultados. A função obtida foi a seguinte:

$$Y = 142 (X)^{0,64}$$

O coeficiente de determinação (R^2) encontrado foi de 0,81, o que pode ser considerado satisfatório, comprovando a adequabilidade do uso deste tipo de função.

Dessa forma, os valores de K e n valem:

$$K = 142$$

$$n = 0,64$$

Assim, para caldeiras, a variação do custo de implantação em função do consumo de combustível é expressa por:

$$CS = 142 (OCH)^{0,64}$$

Sendo:

CS = custo de implantação (ORTN)

OCH = consumo de óleo máximo (Kg/h)

No que se refere a fornos de aquecimento foi utilizado $n = 0,7$ para corrigir para as seguintes diferenças:

- . vazão maior em função do uso de maior excesso de ar de combustão
- . maior temperatura dos gases
- . maior comprimento de dutos em função da localização mais difusa dos fornos dentro da indústria

A fórmula obtida foi testada contra o custo fornecido por duas indústrias que tinham orçamento para instalação de sistemas de dessulfurização em fornos, obtendo-se uma concordância aceitável de valores.

No caso de fontes que apresentam vazão de gases muito maior que aquela proveniente da queima de combustível (secadores de material cerâmico, secadores de fertilizantes e fornos de fusão) utilizou-se o consumo de combustível equivalente obtido pela relação entre a vazão real e a vazão proveniente da queima de 1 Kg de óleo a 200°C e 700 mm Hg ($28 \text{ m}^3/\text{h}$).

Para estufas utilizou-se da mesma fórmula de fornos considerando haver maior similaridade com esta fonte do que com caldeiras. Esta fonte no entanto tem importância muito pequena no contexto geral, e assim o eventual erro fica muito diluído.

Outro fator considerado no estudo foi a redução do custo relativo ao dessulfurizador em função da combinação do controle de SO₂ e material particulado num mesmo sistema. Essa combinação pode ser no sentido de utilização do mesmo lavador para controlar os dois poluentes ou dois equipamentos (um para SO₂ e outro para material particulado) que se servem do mesmo sistema de exaustão (captadores, dutos, chaminé e ventilador). No primeiro caso considerou-se que o custo ficaria reduzido de 40% e no segundo de 25%. Esse critério não foi utilizado no caso de caldeiras pois a exigência de controle de material particulado nesta fonte é restrita aos casos de indústrias mal localizadas.

6.3. Custo de Operação

O custo de operação (CO) do dessulfurizador pode ser subdividido em:

- . custo da energia elétrica (CEE)
- . custo do reagente (CR)
- . custo da mão de obra de operação (CMO)
- . custo da água e da disposição de resíduos (CAE)

a. Custo da Energia Elétrica

A energia elétrica industrial é cobrada em função da demanda e do consumo e é constituída de três parcelas (demanda, consumo e imposto compulsório) sendo que o seu valor anual pode ser expresso por:

$$CEE = [PI \times PKWM \times 12 + PI \times PKWH \times NHOA] \times \frac{1}{13254,67}$$

Sendo:

CEE = custo da energia elétrica anual (ORTN)

PI = potência total instalada no sistema (KW)

PKWM= preço do KW por mês (Cr\$)

PKWH= preço do KW-hora (Cr\$)

NHOA= número de horas de operação do sistema por ano

13254,67 = valor da ORTN de julho de 84

A potência total instalada foi determinada estatisticamente com base nos sistemas já instalados e em in-

formações constantes dos planos de controle apresentados. Foi desenvolvido um modelo matemático expressando a variação da potência com o consumo de óleo. A relação matemática obtida foi:

$$PI = 2,4 (OCH)^{0,41}$$

Sendo:

PI = potência instalada (KW)

OCH = consumo máximo de óleo (Kg/h)

Esta fórmula foi modificada no caso de fornos e estufas utilizando-se o expoente 0,47 para prevenir contra maior perda de carga no sistema de exaustão.

Foi utilizada uma redução de 25% no custo da energia elétrica nos casos em que existe também um equipamento de controle de material particulado no sistema (secadores de material cerâmico e de fertilizantes e fornos de vidro).

O preço do KW relativo à demanda e consumo foram obtidos junto à Eletropaulo e valem:

PKWM = Cr\$ 7.798,00 (07/84)

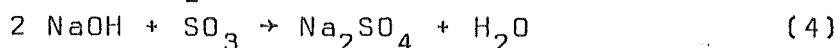
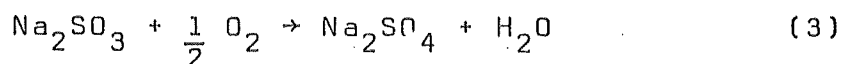
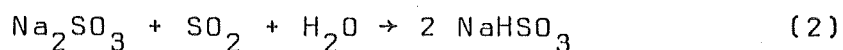
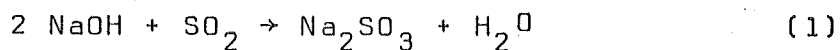
PKWH = Cr\$ 28,05 (07/84)

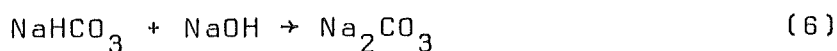
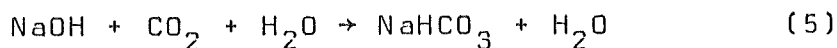
O imposto compulsório não foi considerado no presente estudo por se tratar de valor retornável à empresa após o período estabelecido por lei.

b. Custo do Reagente

O reagente considerado foi a soda cáustica (NaOH) líquida em concentração de 50% em peso, conforme tem sido frequentemente utilizado na prática.

Nos sistemas de dessulfurização com soda cáustica ocorrem principalmente as seguintes reações:





Do ponto de vista econômico é importante que haja ocorrência da reação 2 com a formação de bissulfito de sódio (NaHSO_3) o que pode ser conseguido com o ajuste do pH da solução. Solução com pH alto favorecerá as reações 1 e 6. Dessa forma deve-se ajustar o pH para a faixa que ocasione menor consumo de soda e que ainda atenda as exigências da CETESB. Isto mostra a importância do uso de controlador/dosador automático de pH. Deve-se ressaltar que pH mais baixo pode significar um aumento dos problemas de corrosão.

O cálculo estequiométrico resulta num consumo de 0,625 Kg de soda por quilograma de dióxido de enxofre no caso da reação 2 e de 1,25 Kg de soda por quilograma de dióxido de enxofre no caso de reação 1. As reações 3, 4 e 5 podem ocorrer devido à presença nos gases de oxigênio, trióxido de enxofre e dióxido de carbono respectivamente. A quantidade de trióxido de enxofre é muito pequena quando comparada à quantidade de dióxido de enxofre pois na combustão o enxofre do combustível se transforma principalmente em dióxido de enxofre. O dióxido de enxofre representa 99% em peso do total de óxidos de enxofre formados.

No presente estudo assumimos a condição de menor consumo de soda, ou seja a formação predominante de bissulfito de sódio (95%).

Assumimos também:

- . 5% de enxofre no combustível
- . formação de 100 Kg SO_2 /t de óleo combustível queimado
- . 85% de redução de dióxido de enxofre no lavador

Com isso obtém-se um consumo de soda de 56 Kg/t de óleo. Assim o custo do reagente por ano será:

$$\text{CR} = 56 \times \text{OCM} \times 12 \times \text{PR}$$

Sendo:

CR = custo anual de reagente (ORTN)

OCM = consumo de óleo mensal (t)

PR = preço do quilograma de reagente (Cr\$)

Foi utilizado o valor de Cr\$ 450,00/Kg (base seca) para a soda cáustica em função dos valores verificados no mercado. O mês de referência para esse valor é Julho/84.

c. Custo da Mão de Obra de Operação

O levantamento realizado junto às empresas que já instalaram sistemas de dessulfurização mostrou que não houve contratação de pessoal específico para a operação do sistema assim como não houve deslocamento de pessoal para essa função. Em geral o próprio operador da caldeira ("foguista") opera o sistema de dessulfurização. Dessa forma alocou-se somente o tempo necessário para o registro de dados de operação do sistema, os quais são de grande importância para a consecução do objetivo final do sistema ou seja controle de poluição do ar. O tempo alocado foi de 1 hora por turno de 8 horas. Assim o custo da mão de obra de operação será:

$$CMO = \frac{1}{8} \times NHOA \times PHH \times \frac{1}{13254,67}$$

Sendo:

CMO = custo anual da mão de obra de operação

NHOA = número de horas de operação do sistema por ano

PHH = preço da hora/homem (Cr\$)

O preço da hora/homem foi considerado de Cr\$6.000,00 em Julho de 84 incluindo encargos (salário base de Cr\$ 600.000,00 por mês para o foguista conforme informação obtida junto à indústria).

d. Custo da Água e da Disposição de Efluentes

O volume de água consumida pode ser dividido em duas parcelas. Uma é a água que, ao entrar em contato com

os gases quentes, vaporiza e passa para os gases como umidade. A outra é aquela descartada como efluente líquido.

O volume de água consumida foi obtido com medições em campo. Foram realizadas medições em duas indústrias. Utilizou-se o menor valor obtido pois verificou-se que esse volume era suficiente para as necessidades do sistema. O volume de água medido (VA) foi correlacionado com o consumo de combustível obtendo-se:

$$VA = 3,2 \text{ m}^3/\text{t de óleo}$$

O volume de efluentes é menor que o volume de água consumida, no entanto a SABESP cobre em função do volume aduzido e dessa forma o volume de efluentes deve ser considerado igual ao da água.

Para o cálculo do custo da água consumida e da disposição de efluentes utilizou-se a seguinte expressão:

$$CAE = 3,2 \times OCM \times 12 \times (PA + PE) \times \frac{1}{13254,67}$$

Sendo:

CAE = custo anual referente a água e disposição de efluentes (ORTN)

OCM = consumo mensal de óleo (t)

PA = preço da água (Cr\$/m³)

PE = preço da disposição de efluentes (Cr\$/m³)

A água industrial consumida foi considerada ser proveniente de poços artesianos ou aduzida de corpos d'água e tratada antes da utilização, soluções essas usuais na região. O seu preço (Cr\$ 58,00/m³ em 7/84) foi obtido de informações de duas indústrias, tendo sido utilizado o maior valor. O preço cobrado pela disposição dos efluentes foi obtido junto à SABESP, sendo igual a Cr\$ 851,00/m³, em Julho de 84, não se considerando neste caso o acréscimo devido à carga poluidora.

Não foi considerado o custo referente ao tratamento de efluentes pois esse tratamento deve ser feito a-

través da recuperação da soda, reduzindo-se os gastos com reagente, ou através da utilização do efluente em outros processos (fábricas de papel e celulose por exemplo) prevendo-se uma redução no custo total de operação na forma calculada acima. A falta de dados para tanto não permite esse cálculo no momento.

O volume de resíduos sólidos gerados por esse tipo de sistema de dessulfurização é pouco significativo, tendo por isso sido desprezado o seu custo.

e. Custo Anual de Operação

O custo anual de operação do sistema (COA) será a somatória dos custos acima descritos ou seja:

$$COA = CEE + CR + CMO + CAE$$

6.4. Custo de Manutenção

O custo de manutenção foi considerado da forma usual ou seja, uma porcentagem em relação ao custo total do sistema, em face à não disponibilidade de dados práticos, em virtude do pouco tempo de uso desses sistemas.

Considerando o fato da grande importância que deve ser dada à manutenção desses sistemas para que os mesmos funcionem adequadamente adotou-se um fator (7,5%), maior que o usual (de 4 a 5%). Assim o custo de manutenção anual em ORTN será de:

$$CMA = 0,075 CS$$

Sendo:

CMA = custo anual de manutenção (ORTN)

CS = custo total do sistema (ORTN)

7. ANUALIZAÇÃO DO CUSTO DO SISTEMA DE CONTROLE DE SO₂

O objetivo deste item do trabalho é estimar o custo anual total do sistema de controle de SO₂, considerando-se os custos de implantação, operação e manutenção deste sistema.

7.1. Escolha da Unidade de Tempo para Periodização dos Diversos Itens do Custo

Os diversos itens de custo que compõe os sistemas de controle de emissões de SO₂, foram agrupados em três grandes grupos:

- . aquele relacionado a implantação dos sistemas de controle (elaboração de projeto técnico, aquisição do equipamento, frete, seguro do frete, obras civis, instalações elétricas e hidráulicas, rede de dutos e montagens do sistema)
- . aquele relacionado a operação do sistema (mão de obra, energia elétrica, reagente, água e esgoto)
- . aquele relacionado a manutenção do sistema (substituição de peças, pintura do sistema, reparos na tubulação e mão de obra para execução destes serviços)

Em termos de unidade de tempo para cálculo do montante de custos relacionados aos grupos citados acima, o primeiro deles (aquisição e instalação dos sistemas de controle) apresenta a característica de ser um dispêndio que ocorre em uma data tomada como inicial e não volta a ocorrer durante a vida útil do projeto, enquanto, aqueles relacionados a operação do sistema de controle o correm continuamente com o funcionamento do mesmo e, aqueles relacionados a manutenção destes, sua frequência se faz continuamente e também de acordo com a vida física das partes que compõe o sistema.

Desta forma, considerando-se a diversidade das datas de ocorrência destes eventos tornou-se necessário reduzir o período de ocorrência dos mesmos a um período comum.

O período escolhido foi o anual, dado que através de artifício matemático-econômico simples (cálculo de de-

preciação, cálculo de recuperação do capital) pode-se reduzir o custo para aquisição e instalação do sistema a termos anuais, bem como em termos de custo de operação e manutenção, a unidade ano é adequada para sua estimativa.

7.2. Seleção do Método para Determinar o Custo Anual Total do Sistema

Nesta etapa, a dificuldade maior é a transformação em termos anuais do custo de implantação (aquisição + instalação) do sistema de controle de SO₂.

Foram então analisados três métodos para transformação deste tipo de custo em custo anual:

- . o da depreciação
- . o da formação do capital e,
- . o da recuperação do capital

O método da depreciação como forma de transformar o custo do investimento em custo anual, apresenta a vantagem de ser um método previsto em legislação, porém não foi aceito porque o prazo legal de depreciação para equipamentos deste tipo é de 10 anos* e procurou-se no trabalho não confundir o conceito de vida contábil, com o de vida útil do equipamento ou seja, um período de tempo para o qual é possível realizar-se estimativas sobre a evolução dos custos de manutenção do mesmo, bem como de seu grau de atualização tecnológica.

Quanto ao método da formação do capital, sua utilização permite determinar qual deve ser o valor de uma aplicação periódica a uma certa taxa de juros, para que em uma data futura, tenhamos um certo montante. Assim no caso em análise, a idéia seria supor-se que o custo de aquisição e instalação de um sistema de controle de SO₂

* Há possibilidade da depreciação ser realizada em um prazo inferior a 10 anos, porém, depende de comprovação junto a Receita Federal de uso do equipamento, rapidez da obsolescência tecnológica, etc.

hoje, fosse o mesmo daqui a "n" anos (vida útil do sistema), determinando-se através deste método, qual deve ser o valor de cada aplicação anual durante "n" períodos, que permitiria obter o montante necessário para a aquisição e instalação deste sistema.

Este método foi descartado porque conceitualmente supõe que trata de investimento para acumulação de um montante, ao passo que no caso em análise o montante já está acumulado (supõe-se o investimento já realizado), tratando-se na verdade de se determinar qual o valor anual que o sistema deve proporcionar, para permitir a recuperação do capital empregado.

Desta forma o método que foi adotado para transformação do investimento para aquisição e instalação do sistema de controle de SO₂ em termos anuais foi o do cálculo da recuperação do capital, cuja aplicação permite determinar qual deve ser o montante anual proporcionado por um investimento realizado hoje a uma certa taxa de juros, para que ao final de sua vida útil se tenha recuperado o investimento realizado.

A fórmula para transformar em termos anuais o capital investido para implantação do sistema de controle de SO₂, é a seguinte:

$$CSA = CS \times \left[\frac{i \times (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \right]$$

Onde:

CSA = custo anualizado do capital investido para implantação do sistema de controle de SO₂

CS = custo de implantação do sistema (a preços de Julho de 1984)

n = vida útil do sistema

i = taxa de juros considerada para remuneração do capital aplicado

Considerando-se que há um valor residual do sistema após sua vida útil e, que este valor residual foi estimado em 10% do montante do capital investido para a im-

plantação do sistema de controle de SO₂, então esta fórmula se transforma para:

$$CSA = 0,90 \times CS \times \left[\frac{i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] + 0,10 \times CS \times i$$

Deste modo o custo anual total do sistema de controle de SO₂ é calculado através da seguinte expressão:

$$CTSA = CSA + COA + CMA$$

Onde:

- CTSA = custo anual total do sistema de controle de SO₂
- CSA = custo anualizado do capital investido para implantação do sistema de controle de SO₂
- COA = custo de operação anual
- CMA = custo de manutenção anual

8. RESULTADOS

8.1. Considerações Gerais

Os modelos de cálculo do custo de controle de dióxido de enxofre e de impacto no custo de produção foram aplicados as indústrias pesquisadas que apresentavam informações suficientes para este cálculo.

Esses cálculos foram realizados com a utilização de um micro-computador TK-85 de 16 K de memória RAM. Deve-se ressaltar que o programa desenvolvido para essa finalidade permitiu uma agilidade muito grande na obtenção dos resultados assim como reduziu sobremaneira a possibilidade de erros.

Os valores de impacto no custo de produção obtidos na primeira rodada de cálculos permitiu verificar discrepâncias de valores de impacto dentro do mesmo subsector. As empresas que apresentavam discrepâncias foram contactadas para a confirmação dos dados fornecidos. Isso permitiu corrigir informações relativas ao consumo de óleo combustível e ao custo de produção.

Em vários casos verificou-se que a discrepância de valores de impacto era devida a bases diferentes para o cálculo do custo de produção.

Algumas empresas, por exemplo, não incluíram a parcela referente a custos indiretos, outros forneceram o custo sem incluir a matéria-prima, e assim por diante. Essa checagem permitiu também a verificação de que em alguns casos os custos não incluíam a matéria-prima e em balagem porque a empresa executava somente industrialização para terceiros. Dessa forma houve necessidade de observar essas bases diferentes na apresentação dos resultados. Para os casos sem essa observação, entende-se que o custo de produção refere-se ao custo total do produto, na porta da fábrica.

Outra correção feita com base nessa verificação foi a relativa ao consumo de combustível. Várias empresas for

neceram o consumo de combustível na data base das informações sem considerar a redução de consumo de óleo pela adoção de outros insumos energéticos, como por exemplo energia elétrica e lenha. Para evitar distorções foram verificados todos os formulários respondidos para assegurar que fosse utilizado o consumo de óleo antes dessas alterações. Evidentemente, em função da recessão econômica, o consumo de óleo diminuiu, contudo esse consumo está associado também a uma produção menor.

Além dos resultados referentes ao impacto do custo de controle no custo de produção, calculou-se também o custo de controle por tonelada de dióxido de enxofre removido (ORTN/TON SO₂), através da relação entre o custo total anual do sistema (CTSA) e a quantidade de dióxido de enxofre removido por ano no sistema. Essa informação é de grande importância pois permite estimar o gasto total numa determinada região relativo ao controle de dióxido de enxofre se for considerada a utilização da tecnologia adotada neste estudo para a solução do problema de poluição do ar causado por esse poluente.

8.2. Participação de cada Componente do Custo no Custo Total do Sistema

O modelo de cálculo de custo desenvolvido neste estudo permite conhecer a participação de cada componente do custo no custo total.

Os componentes de custo analisados são:

- a. Custo total de implantação do sistema (CS)
- b. Custo total anual de implantação do sistema (CSA)
- c. Custo anual da energia elétrica (CEE)
- d. Custo anual do reagente (CR)
- e. Custo anual da mão de obra de operação do sistema (CMO)
- f. Custo anual da água consumida e da disposição de efluentes (CAE)
- g. Custo anual total de operação do sistema (COA)

h. Custo anual total de manutenção do sistema (CMA)

i. Custo anual total do sistema (CTSA)

O quadro 10 mostra esta participação em função do consumo de óleo e do número de horas que o sistema opera por ano, para efluentes de caldeiras.

Outro resultado importante é o valor referente ao custo de controle por tonelada de dióxido de enxofre removido. Verifica-se que este custo é de 86 ORTN/t SO₂ para o caso de menor utilização e de 38 para o caso de máxima utilização. Portanto, é mais barato o controle de SO₂ para sistemas com utilização mais intensiva.

O quadro 11 mostra o resumo dos efeitos da variação dos parâmetros básicos de utilização do sistema nos diversos componentes do custo total.

Q U A D R O 10

PARTICIPAÇÃO DE CADA COMPONENTE DO CUSTO NO CUSTO TOTAL DO SISTEMA DE CONTROLE DE DIÓXIDO DE ENXOFRE. EXEMPLO PARA CONSUMO MÁXIMO DE ÓLEO DE 500 Kg/h

NHOA (HORAS)	OCM (TON/MÊS)	CS (ORTN)	CSA		CEE		CR		CMD		CAE		COA		CMA		CTSA (ORTN)	CUSTO TOTAL PCR TON. SO ₂ P/ ANO (ORTN/TON. SO ₂)
			ORTN	%	ORTN	%	ORTN	%	ORTN	%	ORTN	%	ORTN	%	ORTN	%		
2112	44	7579	1665	46	155	4,3	1004	27,7	120	3,3	116	3,2	1394	38,4	568	15,7	3628	86
	70,4	7579	1665	38,7	155	3,6	1606	37,3	120	2,8	185	4,3	2066	48	568	13,2	4300	64
	88,0	7579	1665	33,3	292	5,8	2008	40,1	239	4,8	232	4,6	2771	55,4	568	11,4	5004	59
4992	140,8	7579	1665	26,2	292	4,6	3212	50,6	239	3,8	371	5,8	4114	64,8	568	8,9	6348	47
	104	7579	1665	30,3	342	6,2	2373	43,1	282	5,1	274	5,0	3271	59,4	568	10,3	5504	55
	166,4	7579	1665	23,5	342	4,8	3796	53,5	282	4,0	438	6,2	4859	68,5	568	8,0	7092	44
7448	156	7579	1665	23,3	504	7,1	3559	49,9	424	5,9	411	5,8	4898	68,7	568	8,0	7131	48
	249,6	7579	1665	17,5	504	5,3	5695	60,0	424	4,5	657	6,9	7280	76,5	568	6,0	9513	40
8640	180	7579	1665	21,4	579	7,3	4107	52,1	489	6,2	474	6,0	5648	71,7	568	7,2	7882	46
	288	7579	1665	15,7	579	5,4	6571	61,8	489	4,6	758	7,1	8397	79,0	568	5,3	10630	38

SIGLAS UTILIZADAS:

- NHOA = número de horas de operação do sistema por ano
- OCM = consumo de óleo por mês
- CS = custo de implantação do sistema
- CSA = custo anual de implantação do sistema
- CEE = custo anual de energia elétrica
- CR = custo anual do reagente
- CMD = custo anual da mão de obra de operação
- CAE = custo anual da água utilizada e da disposição de efluentes líquidos
- COA = custo anual total de operação do sistema
- CMA = custo anual de manutenção do sistema
- CTSA = custo anual total do sistema

Q U A D R O 11
 EFEITO DOS PARÂMETROS BÁSICOS DE
 UTILIZAÇÃO DO SISTEMA NOS DIVERSOS COMPONENTES DO CUSTO

PARÂMETROS FIXOS	PARÂMETROS VARIÁVEIS	COMPONENTES DO CUSTO									
		CS	CSA	CEE	CR	CMO	CAE	COA	CMA	CTSA	
(OCH)N	(OCH)R OCM NHDA	C	C	V	V	V	V	V	C	V	
(OCH)N NHDA	(OCH)R OCM	C	C	C	V	C	V	C	C	V	
NHDA	(OCH)N (OCH)R OCM	V	V	V	V	C	V	V	V	V	
NHDA OCM	(OCH)N (OCH)R	V	V	V	C	C	C	V	V	V	

(OCH)N = consumo de óleo combustível nominal por hora

(OCH)R = consumo de óleo combustível real por hora

OCM = consumo de óleo mensal

NHDA = número de horas de operação do sistema

O exemplo mostrado no quadro 10 apresenta várias alternativas para a utilização de um mesmo sistema de dessulfurização.

Uma alternativa de utilização é quanto ao aproveitamento de sua capacidade instalada. O sistema de dessulfurização do exemplo está dimensionado para capacidade nominal de 500 Kg/h de óleo consumido. No entanto a sua utilização real foi considerada para 50% (OCH = 250 Kg/h) e 80% (OCH = 400 Kg/h).

Nesses casos, para um mesmo número de horas de funcionamento do sistema permaneceram constantes os seguintes componentes de custo:

- . O custo total de implantação do sistema (CS)
- . O custo anual de implantação do sistema (CSA)
- . O custo anual da mão de obra
- . O custo anual de manutenção

Considerando-se o mesmo caso acima mas variando o número de horas de funcionamento do sistema, verifica-se que três componentes permanecem constantes, quais sejam:

- . O custo total de implantação (CS)
- . O custo anual de implantação (CSA)
- . O custo anual de manutenção (CMA)

Este exemplo mostra também que a influência do custo anual de implantação do sistema (CSA) no custo total (CTSA) diminui à medida que aumenta o tempo de funcionamento do sistema, sendo que a participação do custo do reagente tem efeito inverso. Isto mostra a importância da adequada utilização do sistema em termos econômicos.

O quadro 12 mostra uma comparação de custos entre sistemas de dessulfurização de caldeiras e fornos com efluentes constituídos somente de produtos de combustão, de acordo com o modelo de cálculo de custo desenvolvido neste estudo. Verifica-se por essa comparação que, apesar da correção utilizada para o custo de implantação do sistema (CS) em fornos, o custo total anual do sistema

Q U A D R O 12

COMPARAÇÃO DE CUSTOS DE SISTEMAS PARA CALDEIRAS E FORNOS (ORTN)

FONTE	OCH (Kg/h)	OCM (TON/MÉS)	NHOA	CS	CSA	CEE	CR	CMO	CÁE	COA	CMA	CTSA	DIFERENÇA (%) *
CALDEIRA	500	167	5000	7579	1665	343	3810	283	440	4875	568	7109	16
FORNO				11004	2417	497	3810	283	440	5030	825	8273	
CALDEIRA	1500	500	5000	15310	3363	538	11407	283	1317	13545	1148	18056	15
FORNO				23744	5216	834	11407	283	1317	13841	1781	20837	
CALDEIRA	2000	1067	8000	18405	4043	949	24343	453	2810	28554	1380	33978	11
FORNO				29041	6379	1497	24343	453	2810	29103	2178	37660	
CALDEIRA	3000	1600	8000	23859	5241	1120	36503	453	4214	42290	1789	49320	10
FORNO				38572	8473	1811	36503	453	4214	42981	2893	54346	

* Diferença entre CTSA para forno e CTSA para caldeira

SIGLAS UTILIZADAS:

- OCH = consumo de óleo horário
- OCM = consumo de óleo por mês
- NHOA = número de horas de operação do sistema por ano
- CS = custo de implantação do sistema
- CSA = custo anual de implantação do sistema
- CEE = custo anual de energia elétrica
- CR = custo anual do reagente
- CMO = custo anual da mão de obra de operação
- CÁE = custo anual da água utilizada e da disposição de efluentes líquidos
- COA = custo anual total de operação do sistema
- CMA = custo anual de manutenção do sistema
- CTSA = custo anual total do sistema

ma (CTSA) para fornos é de no máximo 16% maior que o correspondente para caldeiras, isto em função da influência de outros componentes do custo que independem do custo implantação.

8.3. Impacto no Custo de Produção

Um dos objetivos principais do presente estudo é o da determinação do impacto do custo de controle de SO_2 no custo de produção das empresas que necessitam tomar medidas de controle para esse poluente. Basicamente procurou-se responder à pergunta: Quanto o controle de poluição do ar por dióxido de enxofre onera o custo de produção?

Com a aplicação do modelo de cálculo desenvolvido neste estudo foram obtidos os valores de impacto apresentados nos quadros 13 a 20, distribuídos por setores e subsectores industriais.

Os valores do impacto variam de um mínimo de 0,02% a um máximo de 10,41%, com média aritmética geral de 1,3%. É importante notar que os valores mais elevados tem a influência da base do custo de produção. Assim, o maior valor de impacto (10,41%) está associado ao custo de produção parcial.

As médias mais elevadas por subsectores são relativas à produção de cerâmica refratária (2,82%), tinturaria e estamparia de tecidos (2,61%) e produção de farinhas e rações (2,50%). Deve-se observar que a variação de valores do impacto foi muito grande no subsector de produção de farinhas e rações. No entanto, mesmo com contactos posteriores não foi possível verificar a razão da discrepância.

Um fato muito importante obtido nesse estudo é a constatação de que uma indústria de produção de detergentes obteve resultado positivo com a exigência de controle de dióxido de enxofre. A medida de controle tomada por essa indústria foi de realizar uma alcalinização adicional (maior adição de soda cáustica) da matéria-prima an

tes de realizar a secagem do detergente. Com isso, o dióxido de enxofre foi incorporado ao produto, a níveis que não afetam a qualidade do mesmo, conforme informações da Empresa em questão.

8.4. Custo de Controle por Tonelada de SO₂ Removido

O custo de controle por tonelada de SO₂ removido foi determinado a nível de indústria, subsetor e setor industrial. Esse custo é também apresentado nos quadros 13 a 20. O valor mais baixo é da ordem de 30 ORTN/ton SO₂ e está relacionado a alto consumo de óleo (4457 t/mês).

Já o valor mais alto, da ordem de 125 ORTN/ton SO₂, está relacionado com baixo consumo de óleo (33t/mês).

As médias por setor industrial variaram de um mínimo de 36,8 ORTN/ton SO₂ (CERVEJAS E REFRIGERANTES) a um máximo de 73,9 ORTN/ton SO₂ (ELETRODOMÉSTICOS). A média geral é de 51 ORTN/ton SO₂.

Esses valores possibilitam calcular o custo de controle na Região Metropolitana de São Paulo. Se assumirmos a média de 51 ORTN/ton SO₂ e considerarmos que a redução necessária na Região para fontes estacionárias é de 444 ton/dia de SO₂ tem-se o seguinte gasto global na Região:

$$\text{Gasto Global} = 444 \frac{\text{ton SO}_2}{\text{dia}} \times \frac{365 \text{ dias}}{\text{ano}} \times \frac{51 \text{ ORTN}}{\text{ton SO}_2}$$

$$\text{Gasto Global} = 8.265.060 \text{ ORTN/ANO}$$

Ou seja, um gasto global anual de aproximadamente 63 milhões de dólares.

Trata-se de uma importância expressiva que merece um estudo aprofundado quanto à regeneração do reagente, que tem peso significativo no custo total. Evidentemente essa quantia não será aplicada na Região, na forma de lavadores, uma vez que essa solução representa 14% das soluções que vem sendo utilizadas para o controle de dióxido de enxofre na Grande São Paulo. No entanto os valores encontrados mostram da importância da análise técnica e econômico-financeira das alternativas existentes para se chegar à decisão final.

Q U A D R O 13

IMPACTO DO CUSTO DE CONTROLE DE SO₂ NO CUSTO DE PRODUÇÃO E CUSTO DE CONTROLE POR TONELADA DE SO₂ REMOVIDO, POR INDÚSTRIA, POR SUBSETOR E POR SETOR INDUSTRIAL

SETOR: 10 - PRODUTOS DE MINERAIS NÃO METÁLICOS

SETOR	SUBSETOR	NI *	CONSUMO DE ÓLEO (TON/MÊS)	IMPACTO NO CUSTO DE PRODUÇÃO (%)	IMPACTO MÉDIO		CUSTO DE CONTROLE P/TON. DE SO ₂ REMOV (ORTN/TON. SO ₂)	CUSTO MÉDIO	
					NO SUBSETOR	NO SETOR		NO SUBSETOR	NO SETOR
10 - Produtos de Minerais não Metálicos	Produção de vidro e artefatos de vidro	1	708,2	1,76	1,50		37,5	36,0	
		3	2346	1,23					
	Produção de cerâmica	8	265	1,58	2,07		49,8	50,1	
		9	304	2,48					
		10	274,1	1,14					
		11	260	3,10					
	Produção de cerâmica refratária	12	965	2,82	2,22		38,2	48,9	46,5
		13	207	2,81					
		14	75	2,25					
	Outros	15	206	3,00	2,63		42,7	47,5	

* NI = Número da Indústria

DATA BASE: Julho de 1984

Q U A D R O 14

IMPACTO DO CUSTO DE CONTROLE DE SO₂ NO CUSTO DE PRODUÇÃO E CUSTO DE CONTROLE POR TONELADA DE SO₂ REMOVIDO, POR INDÚSTRIA, POR SUBSETOR E POR SETOR INDUSTRIAL

SETOR: 11 - INDÚSTRIA METALÚRGICA

SETOR	SUBSETOR	NI *	CONSUMO DE ÓLEO (TON/MES)	IMPACTO NO CUSTO DE PRODUÇÃO (%)	IMPACTO MÉDIO		CUSTO DE CONTROLE P/TON. DE SO ₂ REMOV (ORTN/TON. SO ₂)	CUSTO MÉDIO (ORTN/TON. SO ₂)	
					NO SUBSETOR	NO SETOR		NO SUBSETOR	NO SETOR
11 - Indústria Metalúrgica	Siderurgia	18	2493	1,2	0,96		43,9	36,0	
		24	1522,6	0,72			41,6		
	Laminados	19	1212	1,95	1,49		55,1	54,3	
		23	250	1,46			45,3		
		25	150	2,1			49,7		
		26	50	1,03			77,8		
		27	332	0,92			43,5		
	Molas	20	236	1,46	1,26		66,5	64,1	
		21	156	1,06			61,6		
	Forjados	34	247	1,77	1,15		55,8	54,9	
		35	215	0,53			53,9		
	Metais não Ferrosos	31	610,3	0,13	0,35		50,7	65,6	
		31A	100	0,57			80,4		
	Outros	29	164	0,06	0,27		53,1	71,6	
		30	141	0,48			90,5		
					1,03		57,9		

* NI = Número da Indústria

DATA BASE: Julho de 1984

Q U A D R O 15

IMPACTO DO CUSTO DE CONTROLE DE SO₂ NO CUSTO DE PRODUÇÃO E CUSTO DE CONTROLE POR TONELADA DE SO₂ REMOVIDO, POR INDÚSTRIA, POR SUBSETOR E POR SETOR INDUSTRIAL

SETORES: 13 - MATERIAL ELÉTRICO E DE COMUNICAÇÕES
14 - MATERIAL DE TRANSPORTES

SETOR	SUBSETOR	NI *	CONSUMO DE ÓLEO (TON/MÉS)	IMPACTO NO CUSTO DE PRODUÇÃO (%)	IMPACTO MÉDIO		CUSTO DE CONTROLE P/TON. DE SO ₂ REMOV (ORTN/TON. SO ₂)	CUSTO MÉDIO (ORTN/TON. SO ₂)	
					NO SUBSETOR	NO SETOR		NO SUBSETOR	NO SETOR
13	Eletrodomésticos	37	238	0,08	0,10	0,10	53,4	73,9	73,9
		38	68,84	0,12			94,4		

14	Veículos, autopeças e material ferroviário	42	229	0,02			39,8		
		44	40	1,76 (**)	0,65	0,65	112,1 (**)	64,5	64,5
		45	135	0,52			71,7		
		47	334	0,3			34,2		

* NI = Número da Indústria

** Cálculo baseado somente na linha de produção que usa óleo combustível

DATA BASE: Julho de 1984

Q U A D R O 16

IMPACTO DO CUSTO DE CONTROLE DE SO₂ NO CUSTO DE PRODUÇÃO E CUSTO DE CONTROLE POR TONELADA DE SO₂ REMOVIDO, POR INDÚSTRIA, POR SUBSETOR E POR SETOR INDUSTRIAL

SETORES: 17 - PAPEL E PAPELÃO
18 - BORRACHA

SETOR	SUBSETOR	NI *	CONSUMO DE ÓLEO (TON/MES)	IMPACTO NO CUSTO DE PRODUÇÃO (%)	IMPACTO MÉDIO		CUSTO DE CONTROLE P/TON. DE SO ₂ REMOVIDO (ORTN/TON. SO ₂)	CUSTO MÉDIO (ORTN/TON. SO ₂)	
					NO SUBSETOR	NO SETOR		NO SUBSETOR	NO SETOR
17 - Papel e Papelão	Celulose e papel	49	5006,3	1,73	-	-	36,2	-	-
		50	941	0,95			32,9		
		51	459,5	1,08			35,0		
	Papel e papelão	52	242	1,13	1,10	1,04	38,2	37,0	40,5
		53	450	1,42			35,1		
		56	300	0,85			43,2		
	Embalagens e caixas	58	145	0,29			42,9		
		60	60,3	0,83	0,56		60,7	51,8	

18 - Borracha	Artefatos de borracha	61	37	0,5	1,01	0,61	63,5	59,1	46,3
		63	38	0,93			67,4		
		64	68	1,6			46,3		
	Pneumáticos	163	1045	0,34	0,22	0,61	34,7	33,6	
		164	1700	0,17			31,3		
		165	1058	0,14			34,8		

* NI = Número da Indústria
DATA BASE: Junho de 1984

Q U A D R O 17

IMPACTO DO CUSTO DE CONTROLE DE SO₂ NO CUSTO DE PRODUÇÃO E CUSTO DE CONTROLE POR TONELADA DE SO₂ REMOVIDO, POR INDÚSTRIA, POR SUBSETOR E POR SETOR INDUSTRIAL

SETOR: 20 - INDÚSTRIAS QUÍMICAS

SETOR	SUBSETOR	NI *	CONSUMO DE ÓLEO (TON/MES)	IMPACTO NO CUSTO DE PRODUÇÃO (%)	IMPACTO MÉDIO NO SUBSETOR	CUSTO DE CONTROLE P/TON. DE SO ₂ REMOV. (ORTIN/TON. SO ₂)	CUSTO MÉDIO (ORTIN/TON. SO ₂)	
							NO SUBSETOR	NO SETOR
20 - Indústrias Químicas	Fertilizantes	68	161,4	0,27	0,38	50,8	68	
		70	200	0,48		85,2		
	Produção de Resinas	71	1221	0,63		34,1		
		73	137,5	0,23	0,55	49,0	52,8	
		74	111,5	0,46		48,5		
		75	38,0	0,37		93,5		
	76	209,4	1,04		39,1			
	Tintas e Vernizes	79	243	0,18		60,6		
		81	112	0,16	0,18	44,4	60,5	
		82	56,1	0,08		74,6		
	Pigmentos	85	67,7	0,30		62,5		
		80	107	10,41 (***)	6,42	76,9	60,8	
	Fibras Sintéticas	83	156	2,43		44,6		
		86	329	0,25	0,39	42,4	41,2	49,4
	Óleos Lubrificantes	87	297	0,53		40,0		
88		51,4	1,15	0,75	54,7	54,1		
Produtos Químicos em Geral	89	203	0,35		53,5			
	72	1895	0,92		36,5			
	90	1250	0,61		31,9			
	91	4457	0,72 (**)		29,9			
	92	1788	1,13		39,3			
	93	250	0,67	0,79	38,0	38,0		
	94	200	0,64		39,9			
96	167,6	0,30		47,0				
97	1843	2,11 (**)		34,1				
98	137	0,43		50,5				
156	669,4	0,21		33,3				

* NI = Número da Indústria

** Cálculo baseado somente na linha de produção que usa óleo combustível

*** O custo da produção fornecido é parcial

DATA BASE: Julho de 1984

Q U A D R O 18

IMPACTO DO CUSTO DE CONTROLE DE SO₂ NO CUSTO DE PRODUÇÃO E CUSTO DE CONTROLE POR TONELADA DE SO₂ REMOVIDO, POR INDÚSTRIA, POR SUBSETOR E POR SETOR INDUSTRIAL

SETORES: 21 - PRODUTOS FARMACÊUTICOS E VETERINÁRIOS
 22 - PERFUMARIA, SABÕES E VELAS
 23 - PRODUTOS DE MATÉRIA PLÁSTICA

SETOR	SUBSETOR	NI *	CONSUMO DE ÓLEO (TON/MÊS)	IMPACTO NO CUSTO DE PRODUÇÃO (%)	IMPACTO MÉDIO		CUSTO DE CONTROLE P/TON. DE SO ₂ REMOV (ORTN/TON.SO ₂)	CUSTO MÉDIO (ORTN/TON. SO ₂)	
					NO SUBSETOR	NO SETOR		NO SUBSETOR	NO SETOR
21		152	62,3	1,12			71,0		
		153	450	0,83 (**)			38,2		
	Todos	154	290	0,41	0,70	0,70	42,6	48,1	48,1
		155	229	0,43			40,7		

22		160	380	< 0 (***)			< 0		
	Sabões e Detergentes	161	320	0,36 (**)	0,65	0,65	37,9	37,9	37,9
		162	300	0,94			37,4		

23		149	215	0,60			42,9		
	Todos	150	222	0,23	0,59	0,59	39,5	40,2	40,2
		151	332	0,95			38,1		

* NI = Número da Indústria

** Cálculo baseado somente na linha de produção que utiliza óleo combustível

*** Impacto negativo. Há ganho com a dessulfurização

DATA BASE: Julho de 1984

Q U A D R O 19
 IMPACTO DO CUSTO DE CONTROLE DE SO₂ NO CUSTO DE PRODUÇÃO E CUSTO DE
 CONTROLE POR TONELADA DE SO₂ REMOVIDO, POR INDÚSTRIA, POR SUBSETOR E POR SETOR INDUSTRIAL
 SETOR: 24 - INDÚSTRIA TÊXTIL

SETOR	SUBSETOR	NI *	CONSUMO DE ÓLEO (TON/MES)	IMPACTO NO CUSTO DE PRODUÇÃO (%)	IMPACTO MÉDIO		CUSTO DE CONTROLE P/TON. DE SO ₂ REMOV (ORTIN/TON. SO ₂)	CUSTO MÉDIO (ORTIN/TON. SO ₂) NO SUBSETOR
					NO SUBSETOR	NO SETOR		
24 - Indústria Têxtil		99	56	0,79			66,1	
		100	80	0,61			55,0	
		101	330	0,34			41,5	
		102	56	0,80 (**)			66,2	
		104	362,3	0,80			36,4	
		105	88	0,59			73,0	
		106	250	0,59			48,6	
	Fiação e Tecela- gem	107	62,285	5,86 (****)	1,04		60,4	53,8
		108	112,5	1,05			48,0	
		109	55	1,26			65,6	
		110	655,7	0,30			34,4	
		111	2080	0,41			39,4	
		113	60	0,71			67,1	
		114	104	0,93		2,05	60,2	54,2
		115	79,12	0,62			45,8	
		103	71	6,49 (***)			71,3	
		116	380	2,46			36,1	
		117	90	3,16			55,8	
		118	330	2,40			39,3	
		119	95	2,69			59,7	
		120	70,219	6,40 (***)			74,2	
		121	143,3	2,83			42,7	
		122	160	4,57 (****)	3,57		48,1	54,8
		123	57,61	2,49			75,6	
		124A	103	2,20			44,8	

* NI = Número da Indústria
 ** Só linha que usa óleo combustível
 *** Realiza beneficiamento para terceiros (custo não inclui matéria prima)
 **** Parte da produção é de beneficiamento para terceiros (custo sem matéria prima)
 DATA BASE: Julho de 1984

Q U A D R O 20

IMPACTO DO CUSTO DE CONTROLE DE SO₂ NO CUSTO DE PRODUÇÃO E CUSTO DE CONTROLE POR TONELADA DE SO₂ REMOVIDO, POR INDÚSTRIA, POR SUBSETOR E POR SETOR INDUSTRIAL

SETORES: 26 - PRODUTOS ALIMENTARES
27 - BEBIDAS

SETOR	SUBSETOR	NI *	CONSUMO DE ÓLEO (TON/MES)	IMPACTO NO CUSTO DE PRODUÇÃO (%)	IMPACTO MÉDIO		CUSTO DE CONTROLE P/TON. DE SO ₂ REMOVIDO (ORTN/TON. SO ₂)	CUSTO MÉDIO (ORTN/TON. SO ₂)	
					NO SUBSETOR	NO SETOR		NO SUBSETOR	NO SETOR
26 - Produtos Alimentares	Óleos Comestíveis	126	75	0,10			36,8		
		127	225	0,10			39,1		
		128	240	0,21	1,03		42,2	40,1	
		131	113	4,61 (**)			44,8		
		132	289	0,12			37,8		
	Farinhas e Rações	133	33	4,23			124,7		
		134	103	3,42			65,8		
		135	250	1,30	2,52		40,7	80,4	
	Laticínios	136	38,7	1,14			90,5		
		137	72	0,11	0,11	1,11	59,1	59,1	49,7
	Café Solúvel	139	273	1,25			38,1		
		140	296	1,4	1,33		37,1	37,6	
	Carne e Derivados	143	454	0,10			35,4		
		144	387	0,36		0,19	39,7		39,1
146		180	0,09			40,8			
Óleos e Gorduras Vegetais	147	415	0,20			40,3			
	148	944,17	0,17			32,5			
27 - Bebidas	Cervejas e Refrigerantes	157	1467	0,90	0,73		36,6	36,6	36,6
		158	312	0,67			40,8		
	159	406	0,61			33,0			

* NI = Número da Indústria
** Realiza industrialização para terceiros (custo sem matéria prima e embalagem)
DATA BASE: Julho de 1984

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 . Abreu de P. e Stephan, C. "Análise de Investimentos", Rio de Janeiro, Ed. Campus Ltda, 1982
- 2 . Jahnig, C. E. e Shaw, H. "A Comparative Assessment of Flue Gas Treatment Processes. Part I - Status and Design Basis", Journal of the Air Pollution Control Association 31 (4); 421 (1981)
- 3 . Jahnig, C. E. e Shaw, "A Comparative Assessment of Flue Gas Treatment Processes. Part II - Environmental and Cost Comparison", Journal of the Air Pollution Control Association 31 (5); 596 (1981)
- 4 . Jica - Japan International Cooperation Agency. "Air Pollution Control Technology" 1981
- 5 . Laseke, B. A. e Devitt, T. W. "Status of Flue Gas Desulphurization"; Chemical Engineering Progress, Fevereiro; 37 (1979)
- 6 . Mishan, E. J. "Elementos de Análise de Custos - Benefícios", Zahar Editores, 1975
- 7 . Neves, das C. "Análise de Investimentos - Projetos Industriais e Engenharia Econômica", Rio de Janeiro, Zahar Editores, 1982
- 8 . Paoli, E. "Manual de Metodologia Científica"
- 9 . Ridker, R. "Economic Costs of Air Pollution", Praeger Editors
10. Scharer, B. e Haug, N. "On the Economics of Flue Gas Desulphurization - Measures, Costs and Effectiveness", International OECD Symposium on the Economic Aspect of Coal Pollution Abatement Technologies, Petten; Maio (1985)

10. AGRADECIMENTOS

O presente estudo não poderia ser executado sem a participação das empresas que foram a fonte de geração da maioria das informações. Essa participação pode ter sido desde o fornecimento das informações solicitadas no questionário até dados detalhados de custo de produção, dados de produção, dados de equipamentos produtivos, dados detalhados do custo de sistemas de controle já implantados, orçamentos de custo, dados de operação e manutenção de sistemas implantados e permissão para registro fotográfico de lavadores instalados.

Em geral a receptividade das empresas para este estudo foi muito boa, só havendo problemas, em alguns poucos casos, quanto ao fornecimento do custo de produção.

Gostaríamos assim de agradecer a participação de todas as empresas que de uma forma ou de outra contribuíram para este estudo.

Em especial gostaríamos de agradecer as contribuições adicionais ao questionário recebidas das seguintes empresas:

- . Adamas do Brasil, Papeis e Papelões Especiais
- . Alcan Alumínio do Brasil S.A.
- . Brilhocerâmica S.A.
- . Cerâmica Gyotoku Ltda
- . Cerâmica São Caetano S.A.
- . Cobrasma S.A.
- . Companhia Antártica Paulista S.A.
- . Companhia Good Year do Brasil Produtos de Borracha
- . Companhia Suzano de Papel e Celulose
- . Copas - Cia. Paulista de Fertilizantes
- . Duratex S.A.
- . Empresa Carioca de Produtos Químicos S.A.
- . Fiação e Tecelagem Tognato S.A.
- . Frigorífico Kaiowa S.A.
- . Indústrias Gessy Lever Ltda
- . KL & M Engenharia e Consultoria S/C Ltda
- . Lanifício Brooklin

- . Malharia Mundial Ltda
- . Persico Pizzamiglio S.A.
- . Sertep S.A. Engenharia e Montagem
- . Tecelagem Brasil S.A.
- . Tecelagem Nossa Senhora do Brasil S.A.
- . Wheelabrator Sinto do Brasil Equipamentos Industriais Ltda

Agradecemos também a contribuição recebida das Divisões da Superintendência de Controle da Poluição Ambiental e da Divisão de Inventário e Cadastro de Fontes da Superintendên -
cia de Apoio.

11. EQUIPE COORDENADORA E EXECUTORA DO ESTUDO

Este estudo foi realizado na Assistência ao PROCOP (ASPI) da Diretoria de Controle (DCON) e teve a participação dos seguintes elementos:

- . Coordenador Geral
Eng^o Arlindo Philippi Junior
- . Coordenação Técnica
Eng^o João Vicente de Assunção
Econ. Aurélio Libanori
- . Desenvolvimento da Metodologia, Análise das Informações e elaboração do Relatório
Eng^o João Vicente de Assunção
Econ. Aurélio Libanori
- . Contato com as Empresas e Coleta de Dados
Eng^o Galdino Inácio de Souza
Econ. Antonio Evangelista
Estag. Adm. Francesca Tieppo Scala
- . Verificação de Sistemas de Controle já Implantados
Eng^o João Vicente de Assunção
Eng^o Galdino Inácio de Souza
- . Equipe de Apoio
Estag. Eng^a Mauricio Tecchio Romeu
Estag. Eng^a Valeria Tieppo Scala
Estag. Eng^a André Meli C. Botto e Souza
Secret. Jr. Edilene Bezerra de Souza
Aux. Adm. Rosângela Mathias R. de Lima
- . Datilografia do Relatório
Aux. Adm. Rosângela Mathias R. de Lima

É importante ressaltar a participação do Diretor da DCON, Eng^o Nelson Vieira de Vasconcelos, pela orientação quanto aos resultados de interesse para a administração do programa de controle de dióxido de enxofre e pelo incentivo dado à realização deste estudo.

A N E X O 1

CLASSIFICAÇÃO DE GÊNEROS INDUSTRIAIS DA FUNDAÇÃO INSTITUTO BRA-
SILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE)

A N E X O 1

CLASSIFICAÇÃO DE GÊNEROS INDUSTRIAIS DA FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA

- . Extração de minerais
- . Produtos de minerais não metálicos
- . Metalúrgica
- . Mecânica
- . Material elétrico e de comunicações
- . Material de transporte
- . Madeira
- . Mobiliário
- . Papel e papelão
- . Borracha
- . Couros, peles e produtos similares
- . Química
- . Produtos farmacêuticos e veterinários
- . Perfumaria, sabões e velas
- . Produtos de matéria plástica
- . Têxtil
- . Vestuário, calçados e artefatos de tecidos
- . Produtos alimentares
- . Bebidas
- . Fumo
- . Editorial e gráfica
- . Diversas

A N E X O 2

RESUMO DO NÚMERO DE INDÚSTRIAS QUE SERVIRAM DE BASE PARA O ESTUD
DO, POR SETOR E SUBSETOR INDUSTRIAL E SEGUNDO A CONDIÇÃO DE PART
TICIPACÃO DAS MESMAS

Q U A D R O 21

RESUMO DO NÚMERO DE INDÚSTRIAS QUE SERVIRAM DE BASE PARA O ESTUDO, POR SUBSETOR INDUSTRIAL E SEGUNDO A CONDIÇÃO DE PARTICIPAÇÃO DAS MESMAS

GÊNERO INDUSTRIAL: Minerais não metálicos

SUBSETOR	Nº DE EMPRESAS AUTUADAS POR SUBSETOR PESQUISADO	Nº DE EMPRESAS SELECIONADAS	Nº DE QUESTIONÁRIOS RESPONDIDOS	Nº DE QUESTIONÁRIOS UTILIZADOS
produção de vidro e artefatos de vidro	9	7	7	2
produção de cerâmica	6	5	4	4
produção de cerâmica refratária	4	2	2	2
produção de blocos de concreto	2	1	1	2
produção de isolantes térmicos	2	1	1	
produção de concreto asfáltico	1	1	1	
produção de concreto asfáltico oxidados	1	1	1	
TOTAL	25	18	17	10

Q U A D R O 22

RESUMO DO NÚMERO DE INDÚSTRIAS QUE SERVIRAM DE BASE PARA O ESTUDO, POR SUBSETOR INDUSTRIAL E SEGUNDO A CONDIÇÃO DE PARTICIPAÇÃO DAS MESMAS

GÊNERO INDUSTRIAL: Metalúrgica

SUBSETOR	Nº DE EMPRESAS AUTUADAS POR SUBSETOR PESQUISADO	Nº DE EMPRESAS SELECIONADAS	Nº DE QUESTIONÁRIOS RESPONDIDOS	Nº DE QUESTIONÁRIOS UTILIZADOS
siderurgia	2	2	2	2
produção de molas	3	2	2	2
produção de laminados	10	8	7	5
produção de tubos de aço	1	1	1	1
produção de metais sanitários	1	1	1	1
fundição de metais não ferrosos	4	3	2	2
produção de peças de metais não ferrosos	3	2	2	-
produção de forjados	2	2	2	2
TOTAL	26	21	19	15

Q U A D R O 23

RESUMO DO NÚMERO DE INDÚSTRIAS QUE SERVIRAM DE BASE PARA O ESTUDO, POR SUBSETOR INDUSTRIAL E SEGUNDO A CONDIÇÃO DE PARTICIPAÇÃO DAS MESMAS

GÊNERO INDUSTRIAL: Material elétrico e de comunicações

SUBSETOR	Nº DE EMPRESAS AUTUADAS POR SUBSETOR PESQUISADO	Nº DE EMPRESAS SELECIONADAS	Nº DE QUESTIONÁRIOS RESPONDIDOS	Nº DE QUESTIONÁRIOS UTILIZADOS
eletrodomésticos	2	2	2	2
material elétrico e eletrônico	4	2	1	-
TOTAL	6	4	3	2

Q U A D R O 24

RESUMO DO NÚMERO DE INDÚSTRIAS QUE SERVIRAM DE BASE PARA O ESTUDO, POR SUBSETOR INDUSTRIAL E SEGUNDO A CONDIÇÃO DE PARTICIPAÇÃO DAS MESMAS

GÊNERO INDUSTRIAL: Material de transporte

SUBSETOR	Nº DE EMPRESAS AUTUADAS POR SUBSETOR PESQUISADO	Nº DE EMPRESAS SELECIONADAS	Nº DE QUESTIONÁRIOS RESPONDIDOS	Nº DE QUESTIONÁRIOS UTILIZADOS
produção de veículos, autopeças e material ferroviário.	13	9	9	4
TOTAL	13	9	9	4

Q U A D R O 25

RESUMO DO NÚMERO DE INDÚSTRIAS QUE SERVIRAM DE BASE PARA O ESTUDO, POR SUBSETOR INDUSTRIAL E SEGUNDO A CONDIÇÃO DE PARTICIPAÇÃO DAS MESMAS

GÊNERO INDUSTRIAL: Papel e papelão

SUBSETOR	Nº DE EMPRESAS AUTUADAS POR SUBSETOR PESQUISADO	Nº DE EMPRESAS SELECIONADAS	Nº DE QUESTIONÁRIOS RESPONDIDOS	Nº DE QUESTIONÁRIOS UTILIZADOS
celulose e papel	3	2	2	1
papel e papelão	19	9	6	5
embalagens e caixas	5	4	4	2
TOTAL	27	15	12	8

Q U A D R O 26 .

RESUMO DO NÚMERO DE INDÚSTRIAS QUE SERVIRAM DE BASE PARA O ESTUDO, POR SUBSETOR INDUSTRIAL E SEGUNDO A CONDIÇÃO DE PARTICIPAÇÃO DAS MESMAS

GÊNERO INDUSTRIAL: Borracha

SUBSETOR	Nº DE EMPRESAS AUTUADAS POR SUBSETOR PESQUISADO	Nº DE EMPRESAS SELECIONADAS	Nº DE QUESTIONÁRIOS RESPONDIDOS	Nº DE QUESTIONÁRIOS UTILIZADOS
artefatos de borracha	8	4	4	3
pneumáticos	4	3	3	3
TOTAL	12	7	7	6

Q U A D R O 27

RESUMO DO NÚMERO DE INDÚSTRIAS QUE SERVIRAM DE BASE PARA O ESTUDO, POR SUBSETOR INDUSTRIAL E SEGUNDO A CONDIÇÃO DE PARTICIPAÇÃO DAS MESMAS

GÊNERO INDUSTRIAL: Químico

SUBSETOR	Nº DE EMPRESAS AUTUADAS POR SUBSETOR PESQUISADO	Nº DE EMPRESAS SELECIONADAS	Nº DE QUESTIONÁRIOS RESPONDIDOS	Nº DE QUESTIONÁRIOS UTILIZADOS
fertilizantes	7	6	6	2
produção de resinas	10	8	8	5
tintas, vernizes e pigmentos	11	9	9	6
fibras sintéticas	3	3	3	2
óleos lubrificantes	3	2	2	2
produtos químicos em geral	28	11	10	10
TOTAL	62	39	38	27

Q U A D R O 28

RESUMO DO NÚMERO DE INDÚSTRIAS QUE SERVIRAM DE BASE PARA O ESTUDO, POR SUBSETOR INDUSTRIAL E SEGUNDO A CONDIÇÃO DE PARTICIPAÇÃO DAS MESMAS

GÊNERO INDUSTRIAL: Produtos farmacêuticos e veterinário

SUBSETOR	Nº DE EMPRESAS AUTUADAS POR SUBSETOR PESQUISADO	Nº DE EMPRESAS SELECIONADAS	Nº DE QUESTIONÁRIOS RESPONDIDOS	Nº DE QUESTIONÁRIOS UTILIZADOS
	6	5	5	4
TOTAL	6	5	5	4

Q U A D R O 29

RESUMO DO NÚMERO DE INDÚSTRIAS QUE SERVIRAM DE BASE PARA O ESTUDO, POR SUBSETOR INDUSTRIAL E SEGUNDO A CONDIÇÃO DE PARTICIPAÇÃO DAS MESMAS

GÊNERO INDUSTRIAL: Perfumaria, sabões e velas

SUBSETOR	Nº DE EMPRESAS AUTUADAS POR SUBSETOR PESQUISADO	Nº DE EMPRESAS SELECIONADAS	Nº DE QUESTIONÁRIOS RESPONDIDOS	Nº DE QUESTIONÁRIOS UTILIZADOS
sabões e detergentes	3	3	3	3
TOTAL	3	3	3	3

Q U A D R O 30

RESUMO DO NÚMERO DE INDÚSTRIAS QUE SERVIRAM DE BASE PARA O ESTUDO, POR SUBSETOR INDUSTRIAL E SEGUNDO A CONDIÇÃO DE PARTICIPAÇÃO DAS MESMAS

GÊNERO INDUSTRIAL: Produtos de matéria plástica

SUBSETOR	Nº DE EMPRESAS AUTUADAS POR SUBSETOR PESQUISADO	Nº DE EMPRESAS SELECIONADAS	Nº DE QUESTIONÁRIOS RESPONDIDOS	Nº DE QUESTIONÁRIOS UTILIZADOS
produtos de material plástico	1	1	1	3
laminados de PVC	2	1	1	
laminados plásticos	1	1	1	
TOTAL	4	3	3	3

Q U A D R O 31

RESUMO DO NÚMERO DE INDÚSTRIAS QUE SERVIRAM DE BASE PARA O ESTUDO, POR SUBSETOR INDUSTRIAL E SEGUNDO A CONDIÇÃO DE PARTICIPAÇÃO DAS MESMAS

GÊNERO INDUSTRIAL: Têxtil

SUBSETOR	Nº DE EMPRESAS AUTUADAS POR SUBSETOR PESQUISADO	Nº DE EMPRESAS SELECIONADAS	Nº DE QUESTIONÁRIOS RESPONDIDOS	Nº DE QUESTIONÁRIOS UTILIZADOS
fiação e tecelagem	25	16	15	15
tinturaria e estamparia	31	11	10	10
TOTAL	56	27	25	25

Q U A D R O 32

RESUMO DO NÚMERO DE INDÚSTRIAS QUE SERVIRAM DE BASE PARA O ESTUDO, POR SUBSETOR INDUSTRIAL E SEGUNDO A CONDIÇÃO DE PARTICIPAÇÃO DAS MESMAS

GÊNERO INDUSTRIAL: Produtos Alimentares

SUBSETOR	Nº DE EMPRESAS AUTUADAS POR SUBSETOR PESQUISADO	Nº DE EMPRESAS SELECIONADAS	Nº DE QUESTIONÁRIOS RESPONDIDOS	Nº DE QUESTIONÁRIOS UTILIZADOS
produção de óleos comestíveis	12	9	8	5
carne e derivados	9	6	6	4
farinhas e rações	8	6	4	4
laticínios	2	2	2	1
café solúvel	2	2	2	2
conservas	1	1	1	-
óleos e gordura vegetal	1	1	1	1
TOTAL	35	27	24	17

Q U A D R O 33

RESUMO DO NÚMERO DE INDÚSTRIAS QUE SERVIRAM DE BASE PARA O ESTUDO, POR SUBSETOR INDUSTRIAL E SEGUNDO A CONDIÇÃO DE PARTICIPAÇÃO DAS MESMAS

GÊNERO INDUSTRIAL: Bebidas

SUBSETOR	Nº DE EMPRESAS AUTUADAS POR SUBSETOR PESQUISADO	Nº DE EMPRESAS SELECIONADAS	Nº DE QUESTIONÁRIOS RESPONDIDOS	Nº DE QUESTIONÁRIOS UTILIZADOS
cervejas e refrigerantes	4	3	3	3
TOTAL	4	3	3	3

A N E X O 3

MODELO DE CARTA PARA ENCAMINHAMENTO DOS QUESTIONÁRIOS



CETESB

São Paulo, de

de 1984

Ref.: Custo de Controle de Dióxido de Enxofre.

Senhor Empresário,

A CETESB dentro do campo de suas atribuições, vem desenvolvendo um programa de controle de dióxido de enxofre (SO_2), na Região Metropolitana de São Paulo.

O desenvolvimento deste programa tornou-se necessário, face aos altos níveis de concentração deste poluente, que vem sendo observados nesta Região.

Todo programa de controle de poluição ambiental, deve procurar maximizar seus benefícios em termos de proteção à saúde, de bem estar e de proteção à propriedade da comunidade, levando em conta os custos deste programa, às expectativas e ansiedades desta comunidade.

Desta forma, a avaliação dos custos de um programa de controle da poluição ambiental, torna-se peça fundamental no traçado da política para este controle.

Reconhecendo esta necessidade, a CETESB está desenvolvendo um estudo para se determinar o custo do controle de dióxido de enxofre na Região Metropolitana de São Paulo.

Um dos itens deste estudo é a determinação do impacto do custo do controle de SO_2 no custo de produção das empresas que necessitam realizar este controle.



Desta forma, solicitamos a colaboração de V.Sa., no sentido de nos prestar as informações constantes do formulário anexo a esta, as quais serão consideradas de caráter confidencial pela CETESB.

O portador desta Eng^o Galdino Inácio de Souza Neto, esclarecerá a V.Sa., as eventuais dúvidas quanto ao preenchimento do formulário.

Agradecemos antecipadamente a atenção que for dispensada a esta e ao nosso técnico, e colocamo-nos a inteira disposição de V.Sas., para quaisquer esclarecimentos.

Atenciosamente

Eng^o Nelson Vieira de Vasconcelos
Diretor

A N E X O 4

QUESTIONÁRIO INICIAL

CUSTO DE CONTROLE DE DIÓXIDO DE ENXOFRE

OBSERVAÇÃO: Caso o espaço não for suficiente usar o verso ou folha anexa
Qualquer dúvida favor ligar para 210.11.00 ramais 421 ou 202

1. IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA

Razão social _____
 Endereço _____ Nº _____
 Fone _____ Município _____ CEP _____
 Responsável pelo fornecimento das informações _____
 _____ cargo _____
 Fone _____

2. RELAÇÃO DE PRODUTOS FABRICADOS PELA EMPRESA (tipo e quantidade mensal)

3. ÓLEO COMBUSTÍVEL UTILIZADO PELA EMPRESA POR TIPO DE PRODUTO

TIPO DE ÓLEO	QUANTIDADE (t/mes)	EQUIPAMENTO DE QUEIMA (Caldeira Vapor, Fornos, Aquecedores)	LINHA DE PRODUÇÃO USUÁRIA DESTE IN- SUMO

4. CUSTO DE PRODUÇÃO DOS PRODUTOS QUE UTILIZAM ÓLEO COMBUSTÍVEL COMO INSUMO (SE A EMPRESA NÃO POSSUIR INFORMAÇÕES A ESTE NÍVEL, FORNECER O CUSTO TCTAL DE PRODUÇÃO DA EMPRESA). NÃO CONSIDERAR O CUSTO DO CONTROLE DE DIÓXIDO DE ENXOFRE.

PRODUTO	CUSTO DE PRODUÇÃO NESTA DATA

5. SOLUÇÃO ADOTADA PELA EMPRESA PARA O CONTROLE DO DIÓXIDO DE ENXOFRE

6. CUSTO REAL DOS INVESTIMENTOS REALIZADOS PARA CONTROLE DO DIÓXIDO DE ENXOFRE (ESPECIFICAR SE POSSÍVEL OS SEGUINTE ITENS: PROJETO, EQUIPAMENTOS, FRETE, SEGURO, OBRAS CIVIS, INTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDRÁULICAS, MONTAGEM E OUTROS). CITAR A DATA BASE (MES E ANO) DOS VALO-

RES FORNECIDOS.

7. OUTRAS INFORMAÇÕES

Solicitamos fornecerem outras informações que a firma julgar importante para este estudo .

_____/_____/_____/_____

A N E X O 5

QUESTIONÁRIO FINAL

LEVANTAMENTO DO CUSTO DE
CONTROLE DE DIÓXIDO DE ENXOFRE

DCON - DIRETORIA DE CONTROLE

1984

CUSTO DE CONTROLE DE DIÓXIDO DE ENXOFRE

OBSERVAÇÃO: Caso o espaço não for suficiente usar o verso ou folha anexa
Qualquer dúvida favor ligar para 210-7623 ou 210-1100 R 202/421.

1. IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA

Razão Social _____
 Endereço _____
 Fone _____ Município _____ CEP _____
 Responsável pelo fornecimento das informações _____
 _____ Cargo _____
 Fone _____

2. RELAÇÃO DE PRODUTOS FABRICADOS PELA EMPRESA (tipo, quantidade mensal e o mês que serviu de base para esta informação)

3. ÓLEO COMBUSTÍVEL UTILIZADO PELA EMPRESA POR TIPO DE PRODUTO

TIPO DE ÓLEO	QUANTIDADE*		EQUIPAMENTO DE QUEIMA (Caldeira Vapor, Fornos, Aquecedores)	LINHA DE PRODUÇÃO USUÁRIA DESTE IN SUMO
	(t/mês)	kg/h(max)		

* Obs.: Considerar o mesmo mês do item 2 acima.

4. CUSTO MENSAL* DE PRODUÇÃO DOS PRODUTOS QUE UTILIZAM ÓLEO COMBUSTÍVEL... COMO INSUMO (SE A EMPRESA NÃO POSSUIR INFORMAÇÕES A ESTE NÍVEL, FORNECER O CUSTO TOTAL MENSAL DE PRODUÇÃO DA EMPRESA). NÃO CONSIDERAR O CUSTO DO CONTROLE DE DIÓXIDO DE ENXOFRE.

PRODUTO	CUSTO MENSAL DE PRODUÇÃO

5. SOLUÇÃO ADOTADA PELA EMPRESA PARA O CONTROLE DO DIÓXIDO DE ENXOFRE

6. CUSTO REAL DOS INVESTIMENTOS REALIZADOS PARA CONTROLE DO DIÓXIDO DE ENXOFRE (ESPECIFICAR SE POSSÍVEL OS SEGUINTE ITENS: PROJETO, EQUIPAMENTOS, FRETE, SEGURO, OBRAS CIVIS, INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDRÁULICAS, MONTAGEM E OUTROS). CITAR A DATA BASE (MÊS E ANO) DOS VALORES FORNECIDOS.

* Vide observação do item 3.

7. OUTRAS INFORMAÇÕES

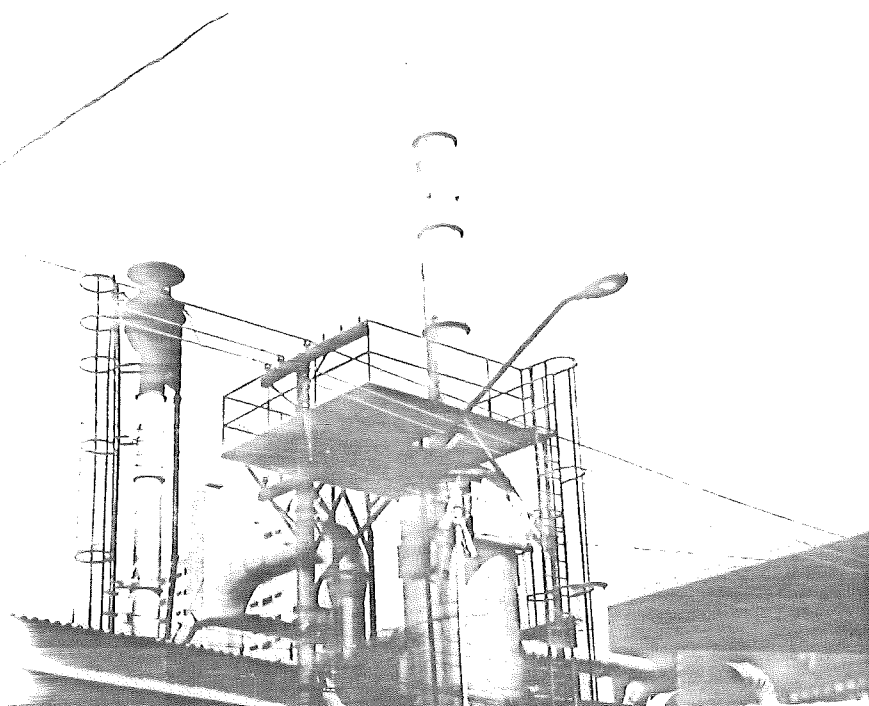
Solicitamos fornecerem outras informações que a firma julgar importan
tes para este estudo.

_____ / /

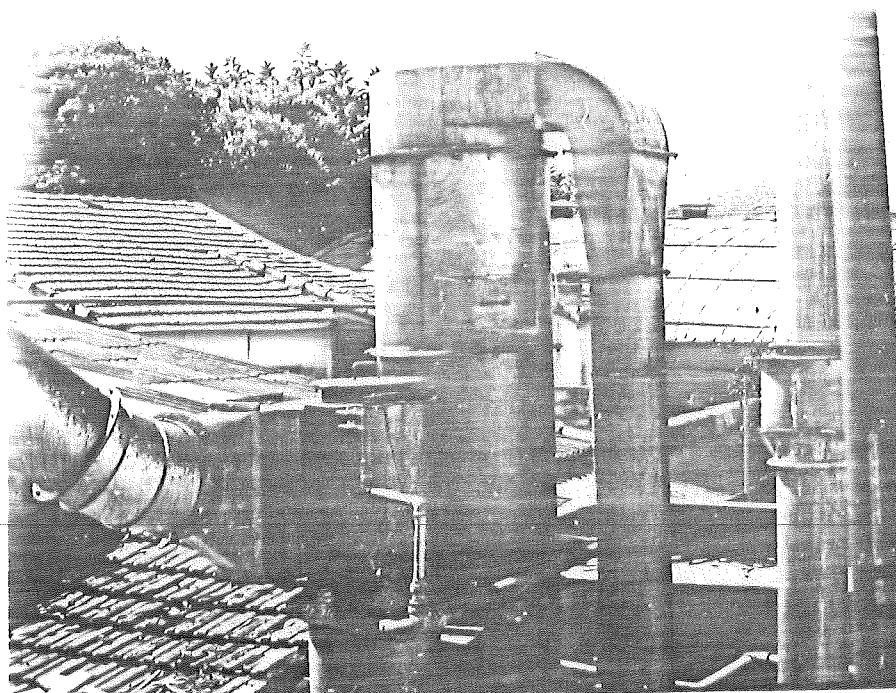
A N E X O 6

REGISTRO FOTOGRÁFICO DE ALGUNS LAVADORES INSTALADOS NA GRANDE
SÃO PAULO PARA CONTROLE DE DIÓXIDO DE ENXOFRE

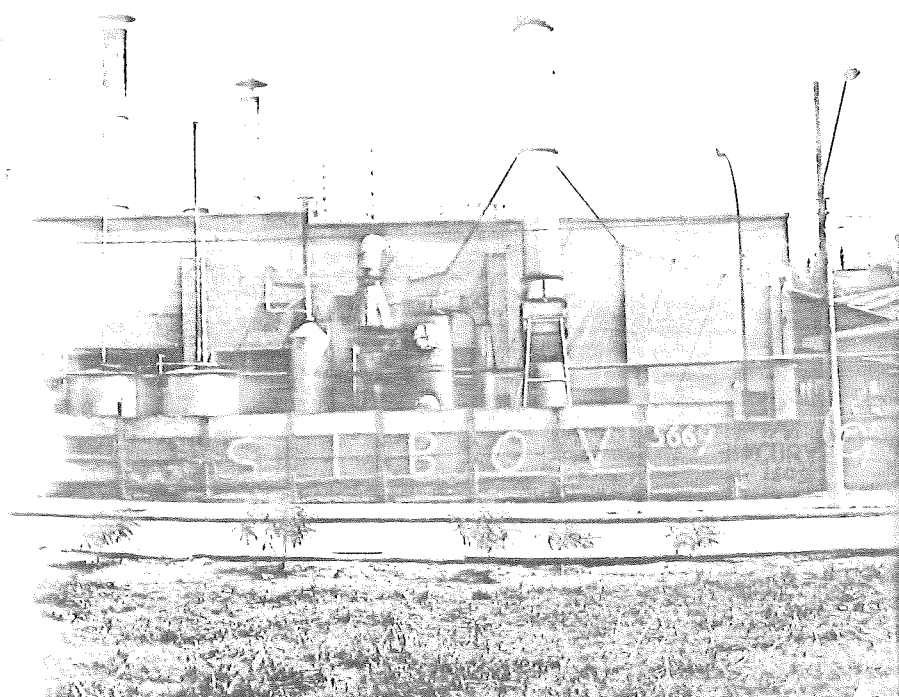
NOTA: A presença desses lavadores neste estudo não significa necessariamente que os mesmos estejam aprovados pela CETESB. Alguns deles ainda estão sendo submetidos a testes de eficiência.



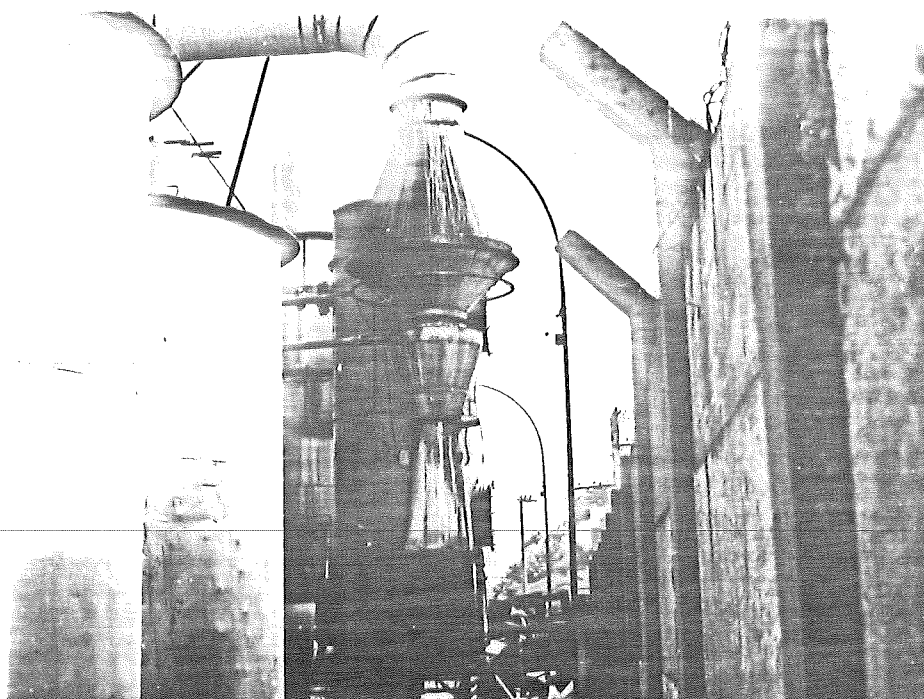
Lavador Venturi seguido de Torre de Enchimento,
com solução de Soda Cáustica



Lavador de alta energia com solução de Soda
Cáustica



Vista 1

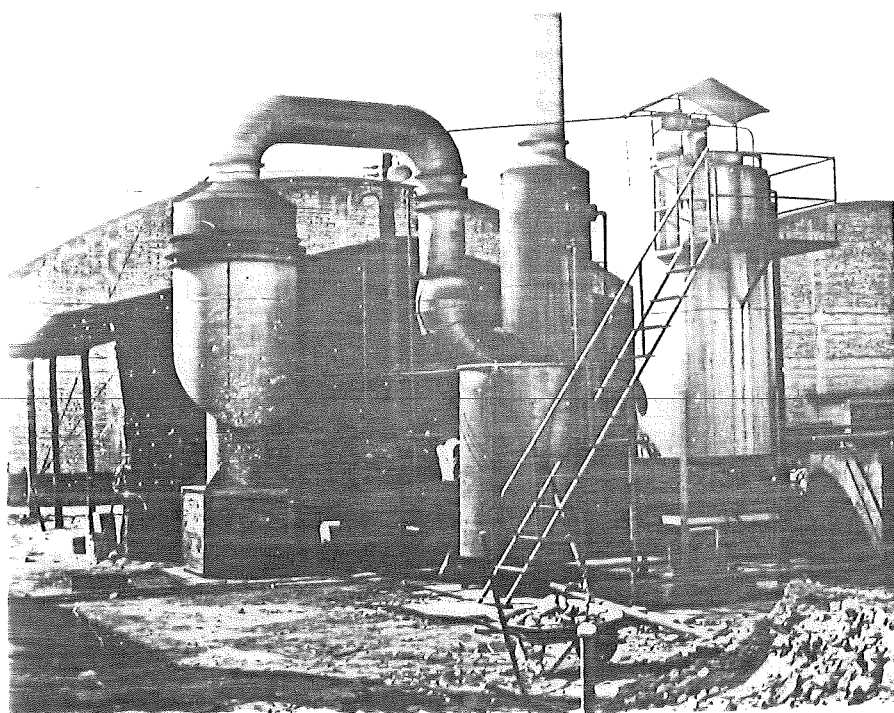


Vista 2

Lavador Venturi seguido de Torre de En-
chimento à base de solução alcalina do
processo industrial

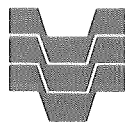


Lavador tipo Torre de Borrifo, com
solução de Soda



Lavador de Borrifo à base de Cal

Data Aquis.:	20/1/95
Indic.:	
Descrição:	doação N
Preço:	0%
Data Tomba:	20/1/95



CETESB

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 - Pinheiros
Fone: 210.1100 - Telex (011) 222-46 - CTS - BR
CEP 05459 — São Paulo - SP — Brasil