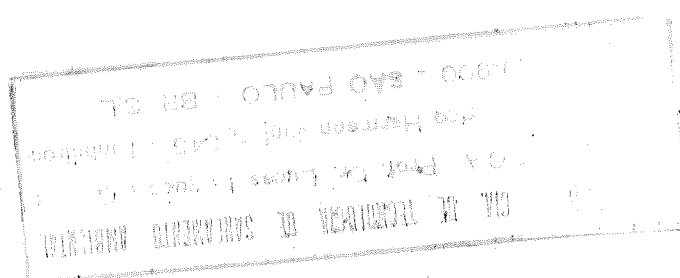


O CARVÃO E A POLUIÇÃO AMBIENTAL



Engº João Baptista Galvão Filho
Gerente de Emissões Atmosféricas
CETESB - Cia. de Tecnologia de Saneamento
Ambiental.

8207
6139C net
005289

8207
6139C (RCET)
005289

O CARVÃO E A POLUIÇÃO AMBIENTAL

I - INTRODUÇÃO	pag.	01
II - O CARVÃO NACIONAL	pag.	02
II.1 - Reservas e Localização da Produção do Carvão Mineral	pag.	03
II.2 - Características dos Carvões Comerciais do RS e SC	pag.	05
II.3 - O Carvão e Outros Combustíveis	pag.	05
II.4 - Condições de Armazenamento	pag.	05
III - OBTENÇÃO DE ENERGIA PELA QUEIMA DIRETA DO CARVÃO	pag.	07
III.1 - Manipulação e Classificação	pag.	07
III.2 - Técnicas de Queima	pag.	09
III.3 - Fontes e Características das Emissões	pag.	15
III.3.1 - Preparação do Carvão, ponto de transf. e armazer.	pag.	15
III.3.2 - Emissões de fornalha	pag.	17
III.3.3 - Descarga de Cinzas	pag.	18
III.4 - Influência na qualidade do ar	pag.	19
III.4.1 - Material Particulado	pag.	19
III.4.2 - Dióxido de Enxofre	pag.	22
III.5 - Alternativas de Controle das Emissões	pag.	25
III.5.1 - Coletores Mecânicos, Baterias de Ciclones e Multiciclones	pag.	26
III.5.2 - Filtros de Tecido	pag.	26
III.5.3 - Lavadores de Alta Energia - Venturi	pag.	27
III.5.4 - Precipitadores Eletrostáticos	pag.	27
IV - OBTENÇÃO DE ENERGIA POR OUTROS MEIOS DE QUEIMA-GASEIFICAÇÃO	pag.	28
IV.1 - Controle de Poluição na Gaseificação	pag.	33
V - VANTAGENS E DESVANTAGENS AMBIENTAIS DO USO DO CARVÃO NACIONAL	pag.	37
V.1 - Extração e Refino	pag.	40
V.2 - Transporte e Armazenamento	pag.	40
V.3 - Resíduos Provenientes da Obtenção de Energia do Carvão	pag.	40
V.4 - Emissão de Poluentes no Fluxo Gasoso	pag.	41
IV - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	pag.	42
IV.1 - Conclusões	pag.	42
IV.2 - Recomendações	pag.	45
BIBLIOGRAFIA	pag.	46

O CARVÃO E A POLUIÇÃO AMBIENTAL

I - INTRODUÇÃO

A crise energética mundial vem causando reflexos para nossa economia nacional principalmente pelo crescente dispêndio de divisas e importação do petróleo, que poderá atingir neste ano cerca de 6 bilhões de dólares. Tal dependência energética vem gerando a necessidade de se encontrar meios e alternativas de substituição das fontes primárias de energia, derivadas do petróleo.

Entre outros, o carvão e o álcool aparecem, respectivamente, no Brasil como substitutos potenciais do combustível industrial (BPF, BTE, DIESEL e Misturas) e automotivo (gasolina).

A substituição destes combustíveis deve merecer avaliação sobre o impacto que irá causar, na comunidade, pelo seu uso.

No caso do carvão, o impacto poluidor sobre o ambiente dependerá das variáveis de localização da unidade que processará o tipo de carvão, bem como, da tecnologia a ser escolhida para obtenção da energia nele contida. Mais especificamente, o que interessa, do ponto de vista ambiental, é o quanto que tecnicamente poderemos reduzir do poluente emitido por unidade de energia obtida, e a partir daí sabermos qual o impacto ambiental, que resultará desta opção, sobre a comunidade.

Considerando que o uso do carvão nacional é relativamente pequeno comparado com a sua estimada reserva, que é relativamente grande, surge o interesse por parte do país, em considerar o carvão como fonte de energia a ser desenvolvida a curto prazo.

O carvão metalúrgico vem sendo normalmente utilizado pela Indústria Siderúrgica Nacional, apesar de que estas procuraram, no passado, comprar o máximo possível de carvão importado, tendo em vista as melhores qualidades do mesmo.

O carvão vapor, por outro lado, tanto o de Santa Catarina quanto o do Rio Grande do Sul, vinha encontrando aplicação bastante limitada, quase que exclusivamente à geração de energia elétrica, até o advento da crise energética mundial, após a qual o mesmo vem sendo considerado útil para possíveis conversões de caldeiras existentes movidas a combustível líquido ou mesmo o desenvolvimento de novas unidades, na produção de substitutos de petróleo através de processos de gaseificação e mais recentemente na utilização de carvão para fins de liquefação, onde são obtidos hidrocarbonetos líquidos, por reações provocadas por catalizadores especiais.

O presente trabalho discorrerá sobre alguns aspectos ambientais que o carvão mineral nacional acarretará, tendo em vista as novas características de poluição atmosférica advindas da queima desse combustível, e restringir-se-á ao seu uso em processos que estejam sendo comentados pelas áreas científicas e/ou interessadas como mais prioritários e passíveis de uso na atual crise energética, quais sejam:

- . obtenção de energia pela queima direta de carvão em caldeiras a serem convertidas;
- . obtenção de energia por outros meios de queima: gaseificação do carvão.

II - O CARVÃO NACIONAL

O carvão mineral é, até o presente momento, o mais abundante dos combustíveis fósseis. Para comprovarmos isso basta verificarmos a sua participação nos recursos fósseis brasileiros:

<u>Combustível Fóssil</u>	<u>%</u>
Carvão	79
Xisto	16
Petróleo	04
Gás Natural	01

No entanto, o carvão é ainda uma reserva não adequadamente explorada. Através de levantamentos já realizados pelo Ministério de Minas e Energia - tabela 1 - fonte: Balanço Energético Brasileiro de 1978-, podemos verificar que a participação do carvão mineral no total de consumo de energia nacional baixou de 6,4% em 1967 para 5% em 1977, enquanto que o petróleo permaneceu com a maior parte entre 54% e 52,3%.

TABELA 1 - Demanda de Energia primária em unidades equivalentes de petróleo

ANOS	PETRÓLEO		ALCOOL		HIDRÁULICA		CARV. MINER.		OUTRAS		TOTAL	
	1.000t	%	1.000t	%	1.000t	%	1.000t	%	1.000t	%	1.000t	%
1967	17.371	54,0	367	1,1	8.465	26,3	2.048	6,4	3.933	12,2	32.184	100,0
1969	21.993	58,0	27	0,1	9.481	25,0	2.342	6,2	4.049	10,7	37.832	100,0
1973	34.240	56,5	260	0,4	17.055	28,2	2.493	4,1	6.534	10,8	60.582	100,0
1977	43.063	52,3	537	0,7	26.953	32,7	4.106	5,0	7.708	9,3	82.367	100,0

Fonte: Balanço Energético Brasileiro de 1978, Min. das Minas e Energia

II.1 - RESERVAS E LOCALIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DO CARVÃO MINERAL

As principais jazidas brasileiras de carvão encontram-se no sul do país, e sua exploração econômica, mais intensa, verifica-se nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. As reservas totais conhecidas nestes Estados elevam-se, respectivamente, a dois bilhões e duzentos milhões de toneladas e quatorze bilhões de toneladas.

Em Santa Catarina, a produção concentra-se na região de Criciúma, sendo o produto transportado para Tubarão onde ele é beneficiado e comercializado.

No Rio Grande do Sul, o carvão é produzido nos municípios de Bagé (Mina de Candiota), Butiá (Mina do Leão) e São Jerônimo (Mina de Charqueadas), e comercializado em Porto Alegre.

Tendo em vista o convênio firmado com o Estado de Santa Catarina, a

presentamos em mais detalhes as reservas de carvão deste Estado atualmente.

Reservas em Santa Catarina

CAMADA	Reserva $\times 10^6$ t	Recuperável $\times 10^6$ t	Carvão Metalúrgico $\times 10^6$ t	Carvão Vapor $\times 10^6$ t
Bonito	1.263	644	60	584
Barro Branco	850	430	180	250
Irapuá	10	5	-	5
Ponte Alta	119	61	-	61
TOTAIS	2.242	1.140	240	900

Fonte: Departamento Nacional da Produção Mineral/79

Obs.: A reserva de carvão é o resultado da soma das reservas medida, indicada e inferida. Assim, para a camada ou jazida de Barro Branco temos:

reserva medida - 240×10^6 t

reserva indicada - 390×10^6 t

reserva inferida - 220×10^6 t, cuja soma nos dá uma reserva total igual a 850×10^6 t.

Nem toda reserva pode ser extraída. Assim sendo, o volume de carvão recuperável de Santa Catarina, com as reservas atualmente conhecidas, será de aproximadamente 1.140×10^6 t. Porém, devemos considerar que as reservas atualmente conhecidas serão ampliadas na medida em que prosseguirem as pesquisas, o que nos permite afirmar que a potencialidade que estamos demonstrando é tomada em termos conservadores.

A energia contida no carvão vapor catarinense recuperável é a seguinte:

$$900 \times 10^6 \text{ t} \times 4,5 \times 10^6 \frac{\text{kcal}}{\text{t}} = 4,05 \times 10^{15} \text{ kcal}$$

$4,05 \times 10^{15}$ kcal equivale a 370×10^6 t de petróleo ou

$2,59 \times 10^9$ barris de petróleo.

II.2 - CARACTERÍSTICAS DOS CARVÕES COMERCIAIS DO RIO GRANDE DO SUL E SANTA CATARINA

As principais características dos carvões comerciais são apresentadas na Tabela 2, além do que, devem ser citadas também a temperatura de ignição que é da ordem de 400°C e o peso específico aparente do carvão que é de cerca de 1.000 Kg/m^3 , para empilhamento natural sem compactação.

Além das substâncias presentes na análise das cinzas, mencionadas na Tabela 2, poderão ser encontrados ainda elementos presentes em pequenas proporções, tais como: Bário, Berílio, Cobalto, Escândio, Estrôncio, Gálio, Ítrio, Manganês, Níquel, Titânio, Cobre e Vanádio.

II.3 - O CARVÃO E OUTROS COMBUSTÍVEIS

A comparação entre dois combustíveis é feita através da comparação de suas propriedades correspondentes e seu resultado deverá indicar qual deles apresenta o menor custo final por quilocaloria consumida.

Assim, uma tonelada de óleo combustível com poder calorífico superior igual a 10.500 kcal/Kg equivale a:

- . 2,4 toneladas de carvão do Leão ou de Tubarão;
- . 3,4 toneladas de carvão de Candiota ou de Charqueadas.

Uma tonelada de carvão de Candiota ou de Charqueadas equivale a $1,3 \text{ m}^3$ de lenha com 15% de umidade.

II.4 - CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO

Para determinar a área necessária ao armazenamento de uma dada quantidade de carvão ao ar livre, deve-se considerar o peso específico aparente do produto, que já foi dado como sendo 1.000 Kg/m^3 , e adotar a altura máxima de 1,5 m para uma pilha sem compactação e com talude natural (cerca de 45° de inclinação). No caso do carvão ter que ficar sem utilização por mais de 2 meses, as pilhas deverão ser convenientemente compactadas.

Tabela 2 - CARACTERÍSTICAS DOS CARVÕES COMERCIAIS DO RIO GRANDE DO SUL E SANTA CATARINA*

ORIGEM DOS CARVÕES	ANÁLISE IMEDIATA (base seca) %				Poder Calorífico kcal/kg	ANÁL. ELEMENTAR (b.s.) %					DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA %						
	Carbono Fixo	Materiais Voláteis	Cinzas	Enxofre		Unidade	C	H	N	O	S	+ 2"	2"-1 1/2"	1 1/2"-1"	1"-1/2"	1/2"-1/4"	- 1/4"
MINA DO LEÃO	35	26	39	2	9-18	4.400	40,7	2,8	0,8	8,4	2	17	16	18	21	13	15
MINA CHARQUEADAS	26	20	54	0,8	7-12	3.100	33	2,3	0,6	8	0,8	-	-	1	48	23	28
MINA CANDIOTA	28	22	50	2,0	7-18	3.200	37	2,5	0,6	7	2,0	-	1	8	19	14	58
MINA TUBARÃO	36	24	42	3	4-10	4.500	46	3	1	-	3	-	-	5	38	28	29

ORIGEM DOS CARVÕES	ANÁLISE DAS CINZAS %											Ponto de Amolecimento (atm. oxid.) °C
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO ₂	
MINA DO LEÃO	52,4	23,7	14,1	0,9	2,4	0,4	0,7	2,0	1,2	0,2	<0,1	1.350
MINA CHARQUEADAS	53,1	23,0	2,9	0,6	3,1	1,1	1,5	-	1,2	<0,1	<0,1	1.300
MINA CANDIOTA	70,0	20,0	4,9	0,5	0,6	0,1	1,4	0,2	0,9	0,1	<0,1	1.350
MINA TUBARÃO	49,2	25,5	9,0	2,5	2,2	0,2	2,6	-	2,5	0,1	4,5	1.300

* - CAEEB - Companhia Auxiliar de Empresas Elétricas Brasileiras.

III - OBTENÇÃO DE ENERGIA PELA QUEIMA DIRETA DO CARVÃO

A escolha da unidade de queima para uma aplicação específica depende da demanda de carvão a ser usada no processo. Adicionalmente à demanda podemos citar, como fundamentais para a escolha ou não de uma unidade de queima, a composição do carvão mineral, o equipamento de controle de poluição ambiental e a sua localização na comunidade.

III.1 - MANIPULAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO

O carvão pode ser transportado por ferrovia, rodovia, hidrovia e ainda através de correias transportadoras ou a combinação destes métodos.

Sua descarga é simples quando o carvão está seco, uma vez que este fluirá normalmente. Se o carvão estiver úmido, será necessário o uso de alguma força para fazê-lo fluir.

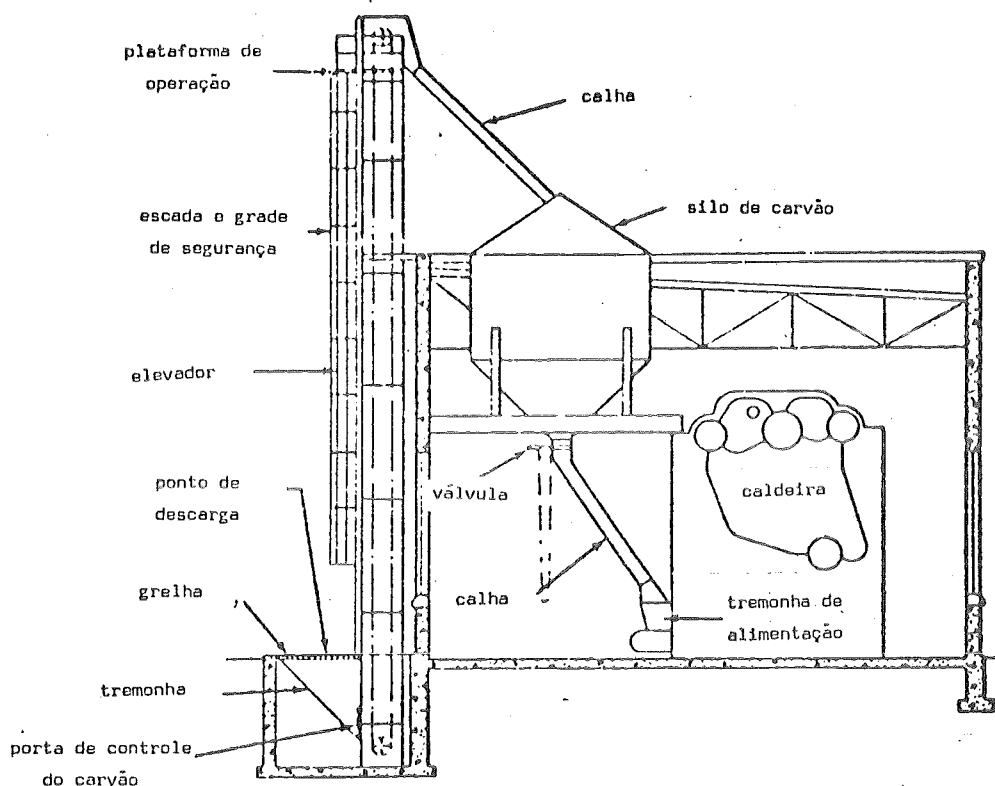
No verão, em condições de baixa umidade, o carvão poderá tornar-se tão seco, que suas partículas poderão ser arrastadas facilmente, pela ação do vento (poeira fugitiva), criando um sério problema com a dispersão destas partículas.

Começarão a aparecer, então, problemas com relação as atividades normais dos vários tipos de comunidade (residencial, agrícola, comercial e industrial), que estiverem circunvizinhas.

Podemos utilizar vários equipamentos cobrindo todas as necessidades para a manipulação e classificação, mas é importante ressaltar que dependendo da sofisticação da aparelhagem, o mercado nacional deverá se desenvolver melhor para a obtenção de tais equipamentos.

Quanto a manipulação do carvão, na sua área de utilização, podemos dizer que unidades com mais de 10 ton/dia irão requerer um equipamento totalmente mecanizado.

Fig. 1 - Sistema de descarga, por caminhão ou trem, transporte e ar mazenagem em silo p/ posterior queima de carvão em caldeira



O trabalho contínuo da unidade irá requerer um armazenamento do carvão de maneira a racionalizar o seu uso na fornalha. Tal armazenamento deverá sofrer um rodízio a fim de que sejam minimizadas as mudanças de características do carvão, tais como: poder calorífico, aumento na temperatura de ignição e, o mais importante, perdas da sua auto-ignição.

As operações de redução de tamanho são em geral restritas à sua britagem e pulverização para posterior uso em caldeiras alimentadas com carvão pulverizados ou através de ciclones; de maneira geral, as unidades recebem o carvão conforme o seu tipo de carregador e queima.

Dependendo da garantia de fornecimento, de um certo tamanho de carvão, a britagem poderá ser desnecessária uma vez que esse carvão seja o requerido para aquele carregador selecionado.

Sendo a cinza uma matéria mineral incombustível, ela se apresenta como indesejável não só do ponto de vista econômico (aumento do custo de transporte e manipulação) como do ponto de vista ambiental. O seu transporte e manipulação desde a mina, da onde é extraída, até a sua disposição final, como rejeito, é danosa ao adequado uso do carvão como fonte energética.

Tais cinzas residuais precisam ser removidas da fornalha bem como de toda unidade de queima, o que implica no uso de equipamentos mais sofisticados e conseqüentemente mais caros.

Podemos considerar, de maneira geral, que a remoção das cinzas deve ser feita em dois pontos do processo: - um do fundo da fornalha e outro de equipamentos de controle na chaminé, tais como separadores ciclônicos, filtros de manga e precipitadores eletrostáticos. Assim, se optarmos pelo sistema de carvão pulverizado, haverá um maior direcionamento de cinzas volantes para o Equipamento de Controle instalado na chaminé do que para aquela disposição proveniente do fundo da fornalha. O contrário ocorrerá, qual seja, haverá uma maior formação de cinzas no fundo da fornalha quando não for do tipo pulverizado.

De qualquer maneira, o total das cinzas estará presente após a queima do carvão e a preocupação será aquela de remove-lo do modo mais eficiente e econômico possível, não esquecendo-se que problemas ambientais estarão sempre presentes, em maior ou menor grau, dependendo da localização da unidade, o que poderá transformar o seu uso, tão necessário na atual crise energética nacional, inviável economicamente.

III.2 - TÉCNICAS DE QUEIMA

Cada processo de combustão requer:

- . tempo suficiente para completar as reações químicas;
- . temperatura suficiente para aquecer o combustível até seus vários estágios de decomposição e causar a ignição do carbono e do hidrogênio;

- . turbulência suficiente para misturar o oxigênio com os elementos combustíveis, assegurando uma combustão completa e uma utilização eficiente do calor gerado pelas reações de combustão.

Desta forma são importantes, para se obter uma combustão completa (oxidação total do elementos combustíveis), o calor da combustão, a ser gerado pelo combustível; a temperatura de ignição e os requisitos do ar.

O calor da combustão varia em função das diferentes áreas geográficas da onde o carvão possa ser extraído, tendo em vista as variações nas porcentagens de carbono e hidrogênio. Assim diferentes quantidades de calor, por unidade de carvão queimado (kcal/Kg), poderão ser obtidas se a origem do combustível for de uma mina ou de outra.

A temperatura de ignição é aquela que deve ser atingida ou excedida, na presença do oxigênio, para causar a combustão sob certas condições. Quando a temperatura de ignição é excedida, mais calor é gerado pela reação do que perdido nas vizinhanças e a combustão se transforma em auto-sustentável. A temperatura de ignição é menor para o carvão, média para os combustíveis líquidos e mais alta para os gasosos. Quanto aos requisitos do ar podemos dizer que a quantidade usada no sistema de combustão depende da quantidade de oxigênio, quimicamente necessária, para completar a combustão e o seu grau de mistura. Com uma mistura ideal, a relação ar/combustível teórica proverá uma combustão completa, sem a necessidade de excesso de ar. Mas uma vez que na prática, essa mistura não é ideal, o excesso de ar é sempre utilizado para queima da matéria combustível.

O excesso de ar irá variar em função dos tipos de combustível e equipamentos de queima. O gás é aquele que é mais facilmente misturado com o ar gerando, conseqüentemente, uma combustão completa mais fácil entre os combustíveis.

Desta forma os queimadores de gás podem atingir uma combustão completa numa faixa de 0 à 10% de excesso de ar, que é diferente dos com

bustíveis líquidos que são menos facilmente misturados com o ar e requerem de 3 à 20% de excesso de ar. Já o carvão requer de 10 à 50% de excesso de ar para uma combustão econômica e ainda deixa carvão não queimado no resíduo de cinzas.

A combustão do combustível sólido ocorre em 3 zonas: destilação, incandescência e chama. Na zona de destilação, os voláteis são destiladados do material sólido; na zona de incandescência, o carvão não volátil queima no carvão incandescente e na zona de chama, a matéria volátil sofrerá ignição pela matéria incandescente e será queimada.

Os combustíveis sólidos podem ser queimados em uma cama de combustífivel (fixa ou móvel), em suspensão ou ainda através da combinação destes dois métodos.

A cama de combustível é suportada por uma grelha e é projetada para receber, do seu carregador, uma quantidade uniforme de carvão, que será queimado e ainda remover os resíduos de cinzas das câmaras de combustão da fornalha. Os carregadores permitem altas taxas de combustão, e os processos contínuos de carregamento, para queima, permitem um controle refinado e de alta eficiência.

A queima do carvão em suspensão é forte competidora do carregador mecanico em grandes sistemas, tendo em vista a grande quantidade de área de fornalha exigida pelas grades de carregamento.

Os pulverizadores de carvão são adequados para grandes unidades de geração de energia, que podem fornecer acima de 4.500 toneladas de vapor por hora. Por outro lado, os carregadores mecânicos são usados para unidades menores.

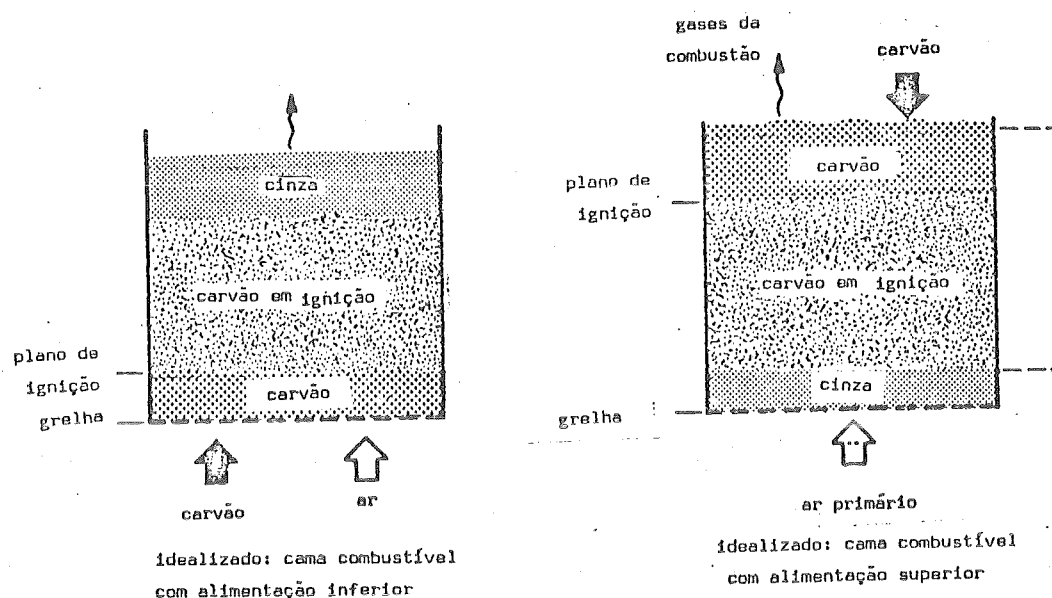
As unidades de queima do carvão podem ser classificadas em 3 grupos principais:

1. alimentação inferior;
2. alimentação superior (grelha móvel, espalhamento, grelha vibratória);

3.alimentação por suspensão (ciclone, espalhamento, pulverizado)..

As unidades de alimentação inferior introduzem o ar primário e o com bustível por baixo da grelha, e o combustível se queima do topo para o fundo da cama de combustível. As de alimentação superior introduzem o carvão à grelha pela parte superior, o ar primário sob a grelha, e o combustível se queima do fundo para o topo da cama de com bustível.

Fig.2 - Processo idealizado de queima de carvão com alimentação su perior e inferior.



A figura 2 apresenta um processo idealizado de queima de carvão com alimentação superior e inferior.

A combustão do carvão em suspensão é igual, a princípio, àquela com alimentação de carvão pela parte superior. O material volátil é pri meiramente destilado e queimado. Daí então, o ar secundário e a tur bulência, na zona de queima, permitem que o oxigênio contacte com a partícula para se obter a combustão completa. Para algumas unidades

de queima em suspensão, tais como a de alimentação com espalhamento, a oxidação final ocorrerá sobre as grelhas enquanto que nas unidades do tipo pulverizado e ciclone, a combustão será completada quando o combustível estiver ainda em suspensão.

As figuras 3, 4 e 5 apresentam, respectivamente, exemplos de unidades de queima de carvão com alimentação inferior, superior e em suspensão.

Figura 3 - Fornalha com alimentação de carvão inferior.

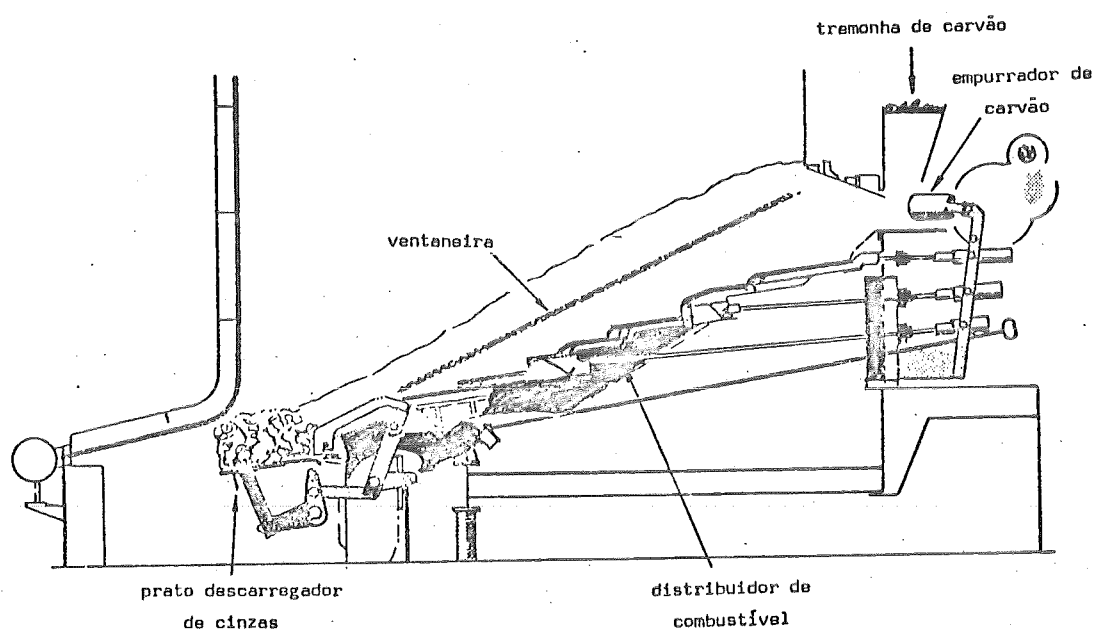


Fig. 4 - Forno com alimentação superior com grelha vibratória.

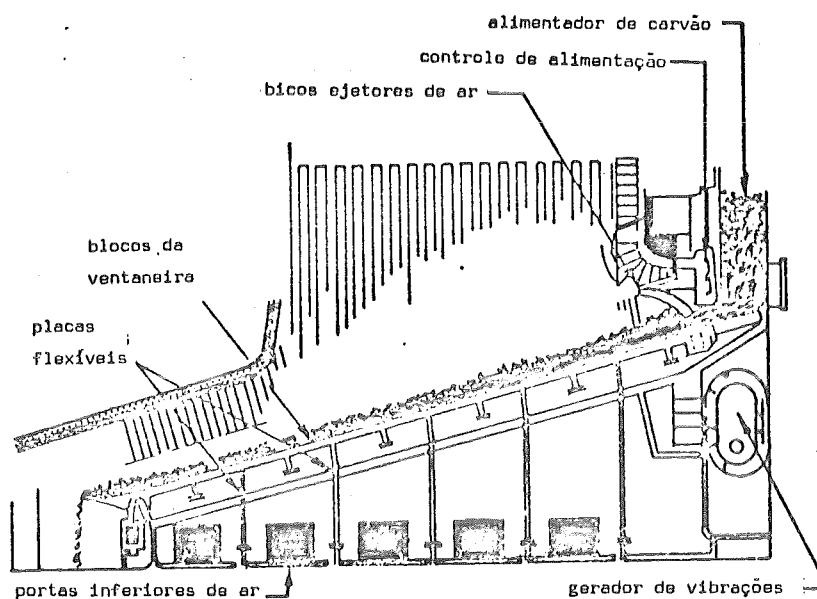
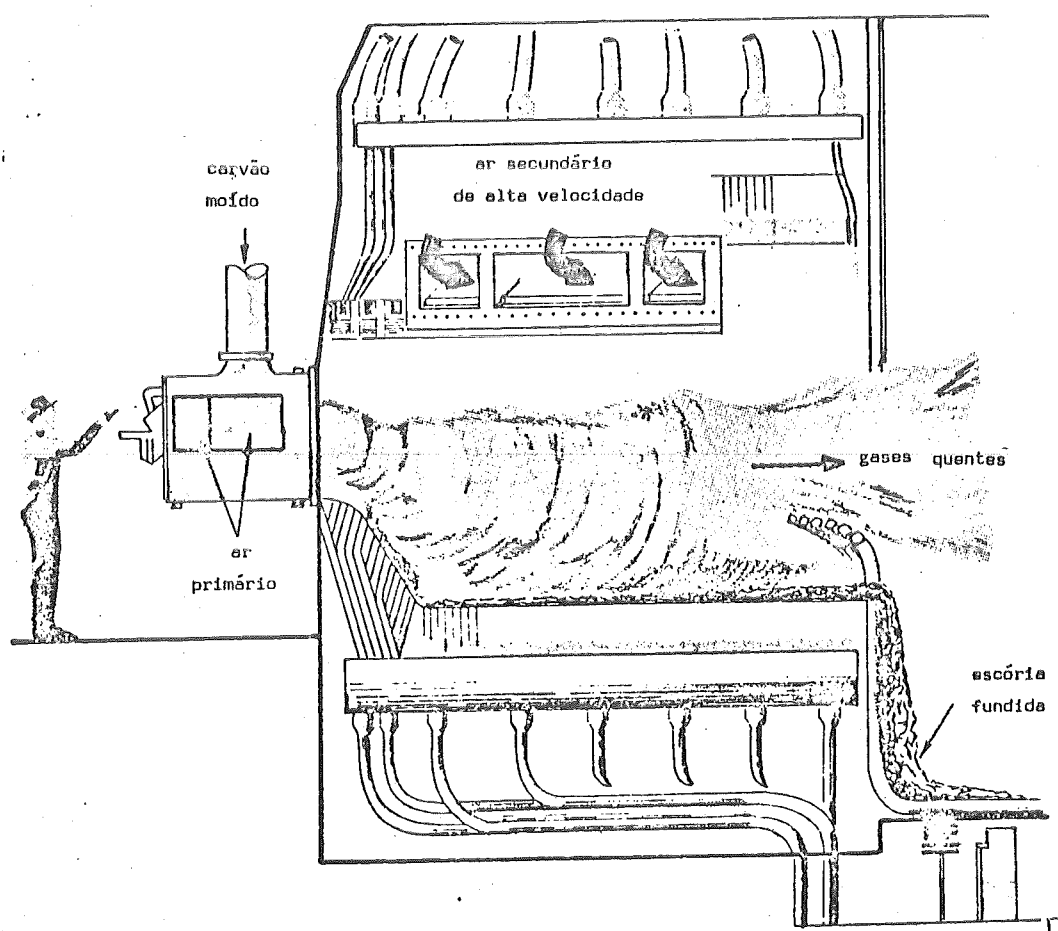


Fig. 5 - Operação de uma fornalha do tipo ciclone.



III.3 - FONTES E CARACTERÍSTICAS DAS EMISSÕES

As unidades de queima de carvão que geram vapor podem emitir mate
rial particulado, óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio e, em quan
tidades menores, hidrocarbonetos e monóxidos de carbono. Adicionalmente,
 dependendo da composição do carvão vamos encontrar vários outros
 elementos, tais como Berílio, Chumbo, Silicatos e Cloretos que tam
bém são emitidos na atmosfera. As fontes de emissão são encontradas
 na Figura 6. Embora vários tipos de poluente sejam emitidos, os mais
 importantes, do ponto de vista ambiental, são: material particulado
 (os elementos menores devem ser avaliados qualitativa e quantitativamente),
 o dióxido de enxofre e os óxidos de nitrogênio.

Tais emissões podem ser geradas em maior ou menor quantidade em fun
ção de uma série de parâmetros, entre os quais podemos citar:

- . a capacidade de queima da unidade de combustão que pode variar de
5 à 10 Kg de carvão por hora, em unidades pequenas alimentadas ma
nualmente; até 360 t de carvão por hora, em grandes unidades ali-
 mentadas com carvão pulverizado.
- . a composição do carvão, que vai depender muito do local de sua ex
tração e do beneficiamento à que foi submetido, fatores estes que
 determinarão a exequibilidade de sua utilização.
- . o tipo de unidade de combustão que irá utilizar o carvão, assim co
mo o tipo do sistema de alimentação do carvão à fornalha.
- . o tipo do equipamento de controle de poluentes empregado.

A seguir são apresentadas as principais fontes de problemas:

III.3.1 - Preparação do carvão, ponto de transferência e armazenamen to.

Os finos de carvão não queimados transformam-se em partículas em sus
pensão em qualquer ponto antes de entrar no alimentador de carvão, a

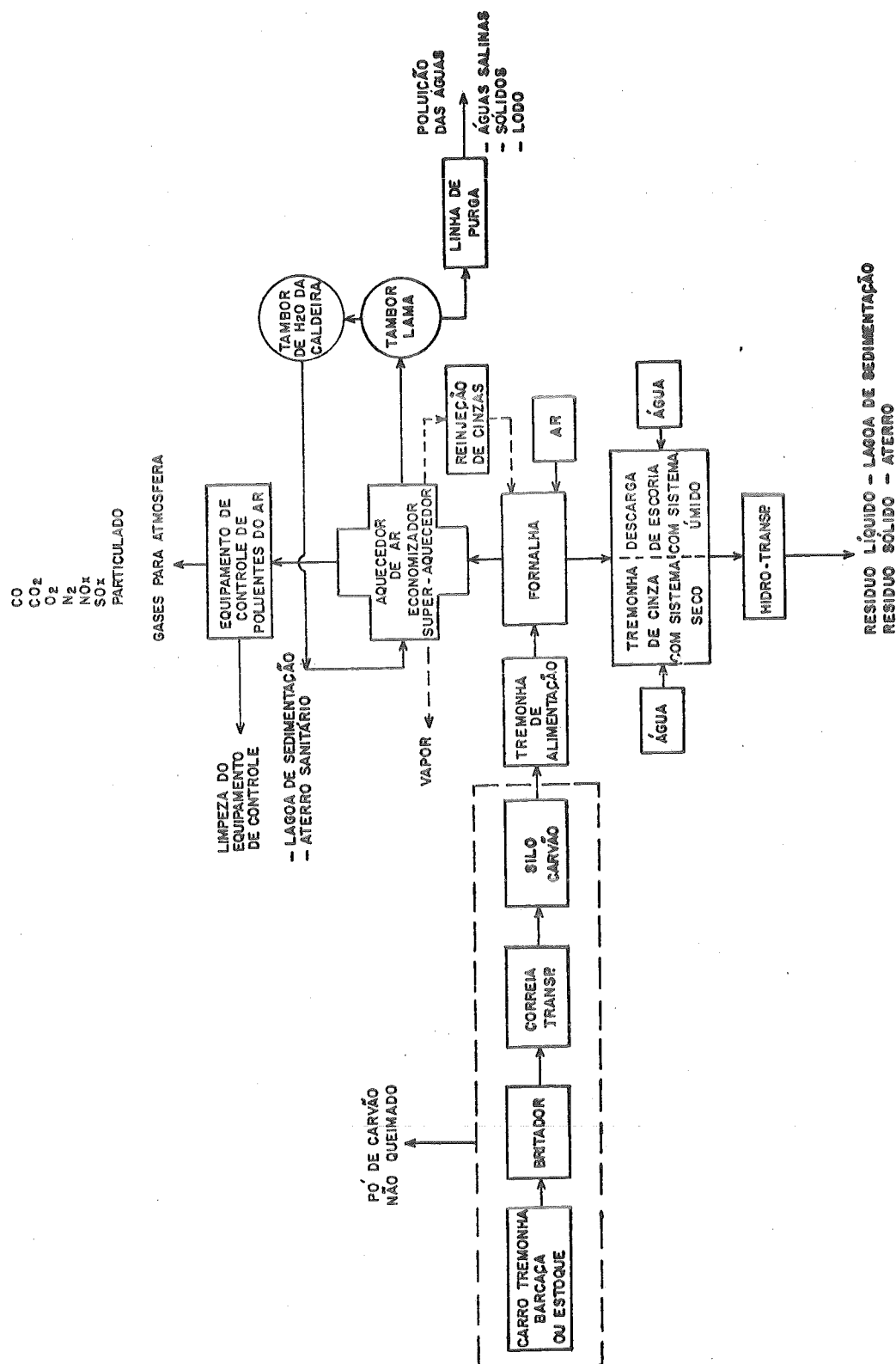


Figura 6 — FONTES DE EMISSÃO DE UMA UNIDADE DE QUEIMA DIRETA DE CARVÃO.

pesar de que o óleo e o cloreto de cálcio, aplicados na mina, podem ser usados para melhor selagem do pó de carvão; algumas vezes é necessário reaplicar tais componentes antes da entrada do carvão na caldeira, a fim de que possamos reduzir as emissões de poeira fugitiva, causadas principalmente pelo uso de carvão de pequeno tamanho e a presença de fortes ventos.

III.3.2 - Emissões de Fornalha

. Material Particulado

A quantidade de cinza volante emitida depende de vários fatores, sendo que os mais significantes são: a composição do carvão, projeto de caldeira e a sua taxa de produção de vapor. Assim, se outras condições permanecerem fixas, as emissões de cinzas volante serão proporcionais ao conteúdo de cinzas contido no carvão. O projeto da caldeira e a maneira como a mesma é operada irão determinar as porcentagens de cinza retidas na fornalha e aquela emitida junto com o fluxo gasoso. A quantidade de cinza emitida junto com o fluxo gasoso varia usualmente entre 20% (para unidades de queima tipo ciclone) até 80% (unidades de carvão pulverizado). Tais valores correspondem a uma variação de aproximadamente 80 à 320 quilos de material particulado emitido (sem controle) por tonelada de carvão queimado (assumindo 40% cinzas no carvão nacional).

. Dióxido de Enxofre

A quantidade de SO_2 no fluxo gasoso é uma função do conteúdo de enxofre no carvão, uma vez que 90% do carvão é oxidado à SO_2 e menos que 5% forma SO_3 . Os 5% restantes permanecerão no material particulado, lavas e resíduos de cinza. Se tivermos, por exemplo, 3% de enxofre no carvão, teremos um fator de emissão de aproximadamente 60 quilos de SO_2 por tonelada de carvão.

. Óxidos de Nitrogênio

O óxido nítrico (NO) se forma na fornalha à temperaturas acima de

1.500°C resultante da reação entre nitrogênio e oxigênio atmosféricos. Ele pode, também, ser formado à temperaturas menores da fornalha pela reação do oxigênio com o nitrogênio contido em cadeias orgânicas do combustível. O NO uma vez formado, é lentamente oxidado para NO₂ à temperaturas menores que 600°C. Desta forma, a contribuição do NO₂ para o NO_x total (NO + NO₂) emitido é usualmente por volta de 3 à 5%, sendo que os 95% de NO restantes serão lentamente oxidados para NO₂ no ar ambiente.

Os principais fatores que afetam a quantidade de NO_x, a ser formado são: o conteúdo de nitrogênio no combustível, as temperaturas de chama e de fornalha, o período de tempo que os gases de combustão são mantidos na temperatura de chama, a taxa de resfriamento dos gases e a quantidade de excesso de ar presente na chama. Por estes motivos é que as emissões de NO_x variam amplamente, mesmo entre unidades de queima semelhantes, que podem variar de 1,5 à 30 quilos de NO₂ por tonelada de carvão queimado.

. Monóxido de Carbono e Hidrocarbonetos

As emissões de monóxido de carbono e hidrocarbonetos são relativamente baixas, comparadas com os outros poluentes já mencionados, excluindo-se aquelas unidades de queima pequena, uma vez que nessas unidades é mais difícil obter-se um controle adequado dos parâmetros que contribuem na sua emissão. Se a fornalha for operada com baixo excesso de ar (cerca de 5%) ou se estiver sendo usada a queima por estágio, haverá um aumento drástico das emissões de monóxido de carbono. De fato, quando a fornalha estiver ajustada para um mínimo de emissões de NO_x, só saberemos este mínimo quando houver aumento nas emissões de CO acima de 200 ppm (o requisito de excesso de ar é reduzido até o nível de CO alcançar 200 ppm). Podemos saber que uma determinada fornalha, utilizando baixo excesso de ar, está ajustada quando a mesma estiver com o valor de CO por volta de 200 ppm.

III.3.3 - Descarga de Cinzas

As cinzas provenientes das tremonhas de carga e descarga, tanto do E quipamento de Controle de Poluição do Ar bem como de outros sistemas de limpeza, precisam ser dispostas adequadamente para que possamos e liminar a possibilidade de emissão de poeiras fugitivas. Tais cinzas são usualmente encaminhadas, através da água, para um silo ou uma la goa de sedimentação, tendo em vista que tais resíduos precisam manter-se umedecidos durante a carga, transporte e descarga em um aterro sanitário, lagoas de sedimentação ou outra espécie de disposição final.

III.4 - INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DO AR

O presente estudo aborda somente a queima direta do carvão mineral em caldeiras com produção de vapor ≥ 10.000 Kg/h, verificando o impacto sobre os padrões de qualidade do ar estabelecidos para a Região da Grande São Paulo.

Os padrões de qualidade do ar adotados para a Região da Grande São Paulo, são estabelecidos pelo Decreto Estadual nº 8.468 de 08/09/76, que regulamente a Lei nº 997, de 31/05/76, no seu capítulo II, Seção I, Artigo 29, de acordo com a tabela abaixo:

Material Particulado (MP)	Padrões de Qualidade do Ar (PQA)	
	$\bar{X}_G$ anual 80	X máx. 24 hs* 240
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	$\bar{X}$ anual 80	X máx. 24 hs* 365

Os valores estão expressos em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, (25°C, 760 mm Hg).

$\bar{X}_G$ = média geométrica

$\bar{X}$ = média aritmética

* = concentrações máximas que não devem ser excedidas mais de uma vez por ano.

III.4.1 - Material Particulado

O material particulado é emitido constantemente na atmosfera por fontes móveis e estacionárias espalhadas por toda a área da Grande São Paulo. Em alguns locais, esta emissão ultrapassa de muito o poder de transportar e diluir estes contaminantes de que é provida a atmosfera. Quando isto acontece, os níveis de concentração de particulados, ao nível do solo, tornam-se altos, criando problemas à população a eles exposta. Para solucionar tal fato, foi proposto pela CETESB, um programa para redução das concentrações de material particulado para a Grande São Paulo, baseado no modelo proporcional. Este modelo assume uma relação linear entre emissão e concentração, afirmando que uma redução na emissão implica numa redução proporcional na concentração no ambiente.

Assim, em 1 976, a segunda maior concentração atingiu $666 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para material particulado e a emissão, na mesma data, que se correlacionou com esta concentração foi de 422 t/d, distribuídas segundo a tabela abaixo.

Tabela 3 - Emissão de Material Particulado por tipo de fonte, na Região da Grande São Paulo, no ano de 1 976.

Tipo de Fonte	Emissão (Toneladas/dia)
Industrial	306
Não Industrial	
. veículos*	33
. queima de resíduos sólidos	32
. emissões fugitivas	51
Total	422

* incluindo veículos a Diesel e Gasolina

Fone: DER/CETESB

Portanto, o nível da emissão compatível com o padrão de qualidade do ar ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$), conforme o cálculo da redução proporcional é de 152 t/d.

Na aplicação do modelo proposto para a redução das emissões ao nível do padrão de qualidade do ar, algumas considerações e proposições principais foram assumidas:

- . o período de tempo estimado para que todas as fontes existentes es sejam controladas é de 3 (três) anos; a partir de 01/01/1 980;
- . a partir desta data estabeleceu-se um período de 10 (dez) anos com níveis de concentração menores que o Padrão de Qualidade do Ar;
- . a eficiência de controle de material particulado nas novas fontes a se instalarem (a partir de 01/01/1 980) é de no mínimo 90%, excluindo as caldeiras a carvão;
- . o crescimento esperado para os próximos 13 (treze) anos, a partir de 01/01/1 980, é de 5% ao ano;
- . a emissão de material particulado na data de referência 31/12/76 é de 422 t/d.;
- . a concentração correspondente a esta emissão é de $666 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- . as emissões incontroláveis (poeiras fugitivas) permanecem constantes com o tempo;
- . a partir da data de referência 31/12/76 até 31/12/79, as emissões crescerão livremente a uma taxa de 5% ao ano;
- . controle homogêneo nas fontes;
- . as caldeiras com produção de vapor $\geq 10.000 \text{ Kg/h}$ passarão a queimar carvão a partir de 01/01/1 982, com um controle de material particulado baseado na melhor tecnologia de controle existente;
- . de 1 980 à 1 982, as caldeiras a óleo que não trocarem seu combus

tível para carvão, não irão controlar as emissões de material particulado;

- . consumo de óleo = 2,4 consumo de carvão (em peso);
- . teor de cinza: 42%
- . fator de emissão: $6,5 A^{(1)}$ Kg/t de carvão queimado, sendo A, a porcentagem em peso de cinzas no carvão. Para adotar esse fator de emissão, foi considerada a capacidade das caldeiras assim como o seu sistema de queima a ser empregado.

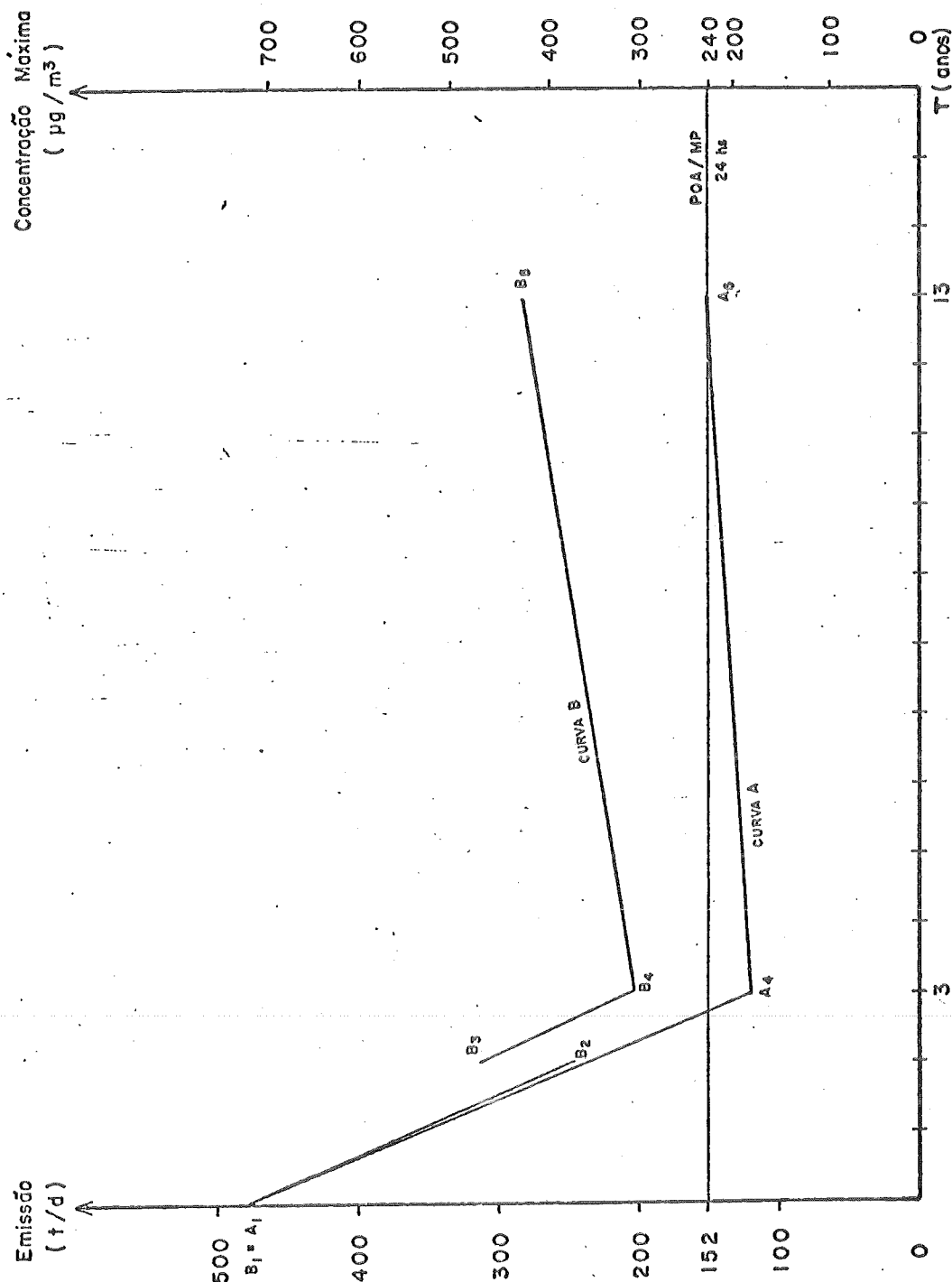
Tendo-se as considerações anteriormente mencionadas foi calculado que a redução a ser exigida das fontes existentes controláveis será de 85,3% a partir de 01/01/1 980, para que após 13 (treze) anos, ainda tenhamos emissão total ≤ 152 t/d, conforme consta na Figura 7, curva A.

Como a partir de 1 982, as caldeiras selecionadas (produção de vapor ≥ 10.000 Kg/h) trocarão de combustível, o programa de controle representado pela Figura 7 (curva A) sofrerá algumas alterações, tendo em vista o alto teor de emissão de material particulado devido a queima do carvão mineral. Assim, mantendo-se a mesma redução para as fontes existentes (85,3%) e considerando as caldeiras a carvão, poderemos construir a curva B da Figura 7, onde verificamos que devido a troca de combustível nunca atingiremos uma emissão de material particulado compatível com o Padrão de Qualidade do Ar na Região da Grande São Paulo, tendo-se o programa de controle de poluição do ar pré-estabelecido, como economicamente possível, para um período de 13 (treze) anos.

III.4.2 - Dióxido de Enxofre

O dióxido de enxofre é emitido constantemente na atmosfera, sendo que 83% da emissão total de SO_2 na Região da Grande São Paulo, provém da queima de combustível em fontes estacionárias.

Figura 7 - PROGRAMA DE CONTROLE DE MATERIAL PARTICULADO NA
REGIÃO DA GRANDE SÃO PAULO



No ano de 1 978, a emissão total de SO_2 era de 648 ⁽¹⁾ toneladas/dia sendo que a queima de combustível em fontes estacionárias era responsável pela emissão de 541 ⁽¹⁾ toneladas/dia. Por outro lado, a concentração máxima das médias das estações de SO_2 na Região da Grande São Paulo no ano de 1 978, era de $143 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ⁽²⁾, valor este acima do Padrão de Qualidade do Ar, que é de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Como selecionamos somente as caldeiras com produção de vapor $\geq 10.000 \text{ Kg/h}$ para a troca de combustível a partir de 01/01/1 982, calcularemos as emissões de SO_2 nesta data. Para tanto, consideramos

- . fator de emissão: 19S ⁽³⁾ Kg/t de carvão queimado, sendo S a porcentagem em peso de enxofre no carvão, isto é $\text{S} = 3\%$.
- . taxa de crescimento das emissões: 5% ao ano.
- . consumo de óleo = 2,4 consumo de carvão.

Assim, em 1 978, os dados eram:

. Emissão total de SO_2		648 t/d
. Emissão de SO_2 da queima de combustível em fontes estacionárias		541 t/d

Em 1 982 teremos:

. Emissão total de SO_2 , antes da troca de combustível		750 t/d
--	-------	---------

(1) Fonte: DER : Divisão de Elaboração de Dados de Fontes de Poluição do Ar - CETESB - informação interna

(2) Fonte: DAID: Divisão de Análises e Interpretação de Dados CETESB - informação interna

(3) Fonte: Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Second Ed. U.S. Environmental Protection Agency, North Carolina April - 1 977

. Emissão de SO_2 da queima de combustível em fontes esta	
cionárias	625 t/d
. Consumo de óleo combustível em caldeiras que trocarão para carvão mineral	3.040 t/d
. Consumo de carvão mineral nas caldeiras que anteriormente utilizavam óleo	7.297 t/d
. Emissão de SO_2 das caldeiras a óleo e que trocarão para carvão mineral	209 t/d
. Emissão de SO_2 das caldeiras à carvão mineral	416 t/d
. Emissão total de SO_2 , após a troca de combustível nas caldeiras selecionadas	957 t/d

Portanto, com a mudança do combustível a emissão total de SO_2 , na Região da Grande São Paulo crescerá de 750 t/d para 957 t/d que irá a carregar um acréscimo proporcional na concentração atual de SO_2 na atmosfera, de aproximadamente 25%.

III.5 - ALTERNATIVAS DE CONTROLE DAS EMISSÕES

A caracterização dos efluentes gasosos, provenientes das unidades de queima de carvão mineral, é uma etapa imprescindível ao desenvolvimento adequado do projeto e seleção dos equipamentos de controle de poluentes.

Assim sendo, quanto mais se souber a respeito da unidade de queima

do carvão (capacidade, tipo, tipo de sistema de alimentação, porcentagem de reinjeção de cinzas) e das características do carvão mais seguros estaremos quanto ao desempenho dos equipamentos de controle de poluentes que deverão ser implantados.

No caso das unidades de queima de carvão mineral relacionadas a caldeiras com capacidade maior do que 10.000 Kg de vapor por hora, os seguintes equipamentos de controle de poluentes poderiam ser empregados:

- . coletores mecânicos, principalmente bateria de ciclones ou multiciclones em série com um dos equipamentos a seguir discriminados:
- . filtros de tecido;
- . lavadores de alta energia;
- . precipitadores eletrostáticos.

III.5.1 - Coletores Mecânicos, Bateria de Ciclones e Multiciclones

Possuem alta capacidade de coleta para partículas grosseiras e são normalmente utilizados em série com outros equipamentos de controle de poluentes, de maior eficiência para partículas higiênicas ($< 10\mu\text{g}$).

Deste modo a finalidade dos coletores mecânicos, bateria de ciclones e multiciclones é meramente como um pré-coletor e/ou condicionador dos efluentes gasosos, de modo a facilitar a operação e manutenção dos equipamentos de controle mais eficientes.

III.5.2 - Filtros de Tecido

Sua utilização vai depender principalmente do tipo de pó a ser coletado e da temperatura dos gases de exaustão. Os filtros existentes podem suportar temperaturas de até aproximadamente 300°C e apresentam uma alta eficiência de coleta mesmo para partículas finíssimas. O seu inconveniente estaria no espaço necessário à sua instalação assim como no seu alto custo de implantação e manutenção.

III.5.3 - Lavadores de Alta Energia - Venturi

São equipamentos compactos e podem coletar partículas bastante finas não possuindo problemas de limitação de temperatura ou umidade nos efluentes gasosos. Tendo em vista que estes equipamentos operam com um meio líquido, eles podem também ser empregados para a coleta de gases. Estes equipamentos requerem um alto custo de operação e manutenção e conforme o caso poderão também requerer a instalação de equipamentos de controle de poluição das águas.

III.5.4 - Precipitadores Eletrostáticos

São os equipamentos mais comumente utilizados em série com os coletores mecânicos, possuem alta aficiência de coleta, desde que, certas condições sejam mantidas, tais como:

- . tenham sido projetados adequadamente para as condições reais, nas quais deverão ser operados, o que não é fácil de se obter, a não ser com muita especialização no assunto;
- . operar na faixa de temperatura de projeto pois fora desta a eficiência cairá;
- . devem ser mantidas inalteradas as características do combustível na unidade de combustão, pois qualquer mudança destas afetará o desempenho do precipitador.

Deste modo, vemos que os precipitadores são muito sensíveis às variações das características dos efluentes gasosos e caso as mesmas, não tenham sido previstas por ocasião da fase de projeto, o desempenho destes equipamentos estará seriamente comprometido. Os precipitadores apresentam ainda como desvantagens seu alto custo de aquisição e necessidade de grandes áreas para a sua instalação.

IV - OBTENÇÃO DE ENERGIA POR OUTROS MEIOS DE QUEIMA - GASEIFICAÇÃO

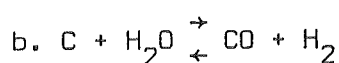
A gaseificação do carvão foi amplamente praticada na indústria já antes da descoberta de fontes de gás natural e ainda hoje processos adicionais de gaseificação continuam sendo desenvolvidos. Tais processos produzem um gás combustível de baixo poder calorífico de cerca de 1.300 kcal/Nm³, de médio poder calorífico de 2.500 à 5.500 kcal/-Nm³, ou um de alto poder calorífico equivalente ao gás natural, com poder calorífico de cerca de 9.000 kcal/Nm³, geralmente chamados de gases naturais substitutos ou sintéticos. As alternativas processuais consistem de:

- . adição de oxigênio (puro ou na forma de ar) ao gaseificador;
- . adição de hidrogênio ao gaseificador; ou
- . uso de um transportador de calor circulante aquecido externamente.

De maneira geral os processos que produzem gases combustíveis de baixo ou médio poder calorífico, deveriam ser localizados nas proximidades da unidade de consumo desses gases produzidos e o carvão necessário seria transportado para este gaseificador. Os processos que produzem gás de alto poder calorífico estariam melhor instalados se próximos da mina de carvão, sendo o gás produzido transportado por dutos aos seus consumidores. É lógico que cada situação deve ser estudada para se obter um menor custo por unidade de gás produzido.

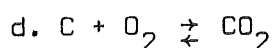
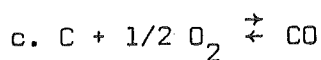
Na produção de gás, de baixo e médio poder calorífico, ocorre o seguinte na desvolatização do carvão:

a. carvão $\rightarrow$ C + CH₄ + mistura de líquidos e gases, que com posterior reação com vapor d'água à altas temperaturas:

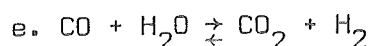


A reação (b) é endotérmica e o calor necessário será suprido pela

queima de parte do carvão com ar e oxigênio:



Adicionalmente, a reação de gás d'água será:



Como produto teremos uma mistura combustível de H_2 , CO , CO_2 , CH_4 , gases inertes (como N_2) e menores quantidades de outros hidrocarbonetos e impurezas. Pelo uso direto da mistura ar/vapor, no gaseificador de carvão, teremos um gás de baixo poder calorífico por volta de 1.300 kcal/Nm^3 . Esse gás, se convenientemente limpo, pode ser usado em uma unidade de geração de energia ou aplicação industrial.

Para o mesmo carvão, se usarmos oxigênio nas reações (c) e (d), ao invés de ar o gás produzido terá um poder calorífico maior, por volta de 2.500 kcal/Nm^3 .

Dependendo da quantidade de metano contido no gás produzido, o seu poder calorífico poderá ser por volta de 4.000 à 5.500 kcal/Nm^3 e após sua limpeza esse gás será apropriado para produção de produtos químicos (ex. amônia), combustível líquido sintético (ex. metanol), combustíveis gasosos (ex. metano) ou para uso direto como fonte de energia. A tabela 4 fornece composições químicas de gases de baixo e médio poder calorífico.

Na produção de gás de alto poder calorífico (principalmente metano) é necessário que o gás de médio poder calorífico seja metanizado para aumentar o seu poder calorífico e reduzir a concentração de CO a um limite aceitável. A reação de metanização apresentada a seguir

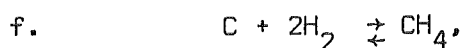


Tabela 4 - Composição Típica de Combustível gasoso produzido por Gaseificadores Comerciais

Gaseificador	Meio Gaseificante	Tipo de Combustível	CO ₂	CO	H ₂	CH ₄	N ₂	Poder Cal. + Alto	
									kcal/Nm ³
Lurgi	Oxigênio - Vapor H ₂ O	Lignito	32	13	36	25	1		2.800
	Ar - Vapor H ₂ O	Lignito	14	16	25	5	40		1.600
Koppers - Totzek	Oxigênio - Vapor H ₂ O	Carvão Betumin.	7	56	35	0	2		2.500
	Oxigênio - Vapor H ₂ O	Lignito	20	35	40	3	2		2.400
Winkler	Ar - Vapor H ₂ O	Lignito	10	22	12	1	55		1.000
	Oxigênio - Vapor H ₂ O	Carv. Betuminoso	12	52	33	1	2		2.450
Galusha	Ar - Vapor H ₂ O	Coque	3	29	15	3	50		1.500

é exotérmica e o gás metanizado é secado e se necessário comprimido à mesma pressão do duto que o conduzirá. Esse processo de metanização não se encontra ainda totalmente desenvolvido para grandes escalas de produção.

Para obtermos um gás de baixo ou alto poder calorífico, deveremos jogar com as variáveis de temperatura, pressão e tempo de residência, sob as quais o gaseificador é operado, e com a inclusão ou não da metanização especificada na reação (f). A gaseificação do carvão poderá ser operada nas condições atmosféricas ou a elevadas pressões de um reator de leito fixo, fluidizado, de arraste ou fundido.

Um fluxograma generalizado de gaseificação (não abrange processos de dois estágios como o "High Gas") para produzir gás de poder calorífico baixo ou alto é mostrado na Figura 8. Após um pré-tratamento do carvão para evitar o empastamento, este é introduzido no gaseificador onde é adicionado o oxigênio (reações c e d) ou uma fonte externa de calor, de maneira a desencadear as reações de gaseificação.

Após o gaseificador, a mistura de gases passará por um tratamento adicional (limpeza) a fim de convertê-la para a condição de baixo ou alto poder calorífico. Este tratamento é basicamente o mesmo nos diferentes processos de gaseificação, embora detalhes de projetos, recuperação de calor, remoção de enxofre, etc. não sejam os mesmos. A mistura de gases passa através de separadores ciclônicos para fins de remoção do material particulado (partículas finas de poeira), é então lavado para remover materiais condensáveis e, se necessário, passar pela reação de conversão de CO (reação e) a fim de se obter uma relação de hidrogênio/monóxido de carbono para formação de metano. Todo o volume gasoso será lavado com carbonato de potássio ativado, metano, isopropanol ou outros solventes para remover o CO_2 e o H_2S e talvez passar por uma adsorção com carvão ativado para remoção dos compostos orgânicos. A retirada dos traços remanescentes de enxofre está sendo pesquisada com óxido de ferro ou absorventes equivalentes. Nesta altura, o poder calorífico do gás está entre $900 - 4.500 \text{ kcal/Nm}^3$

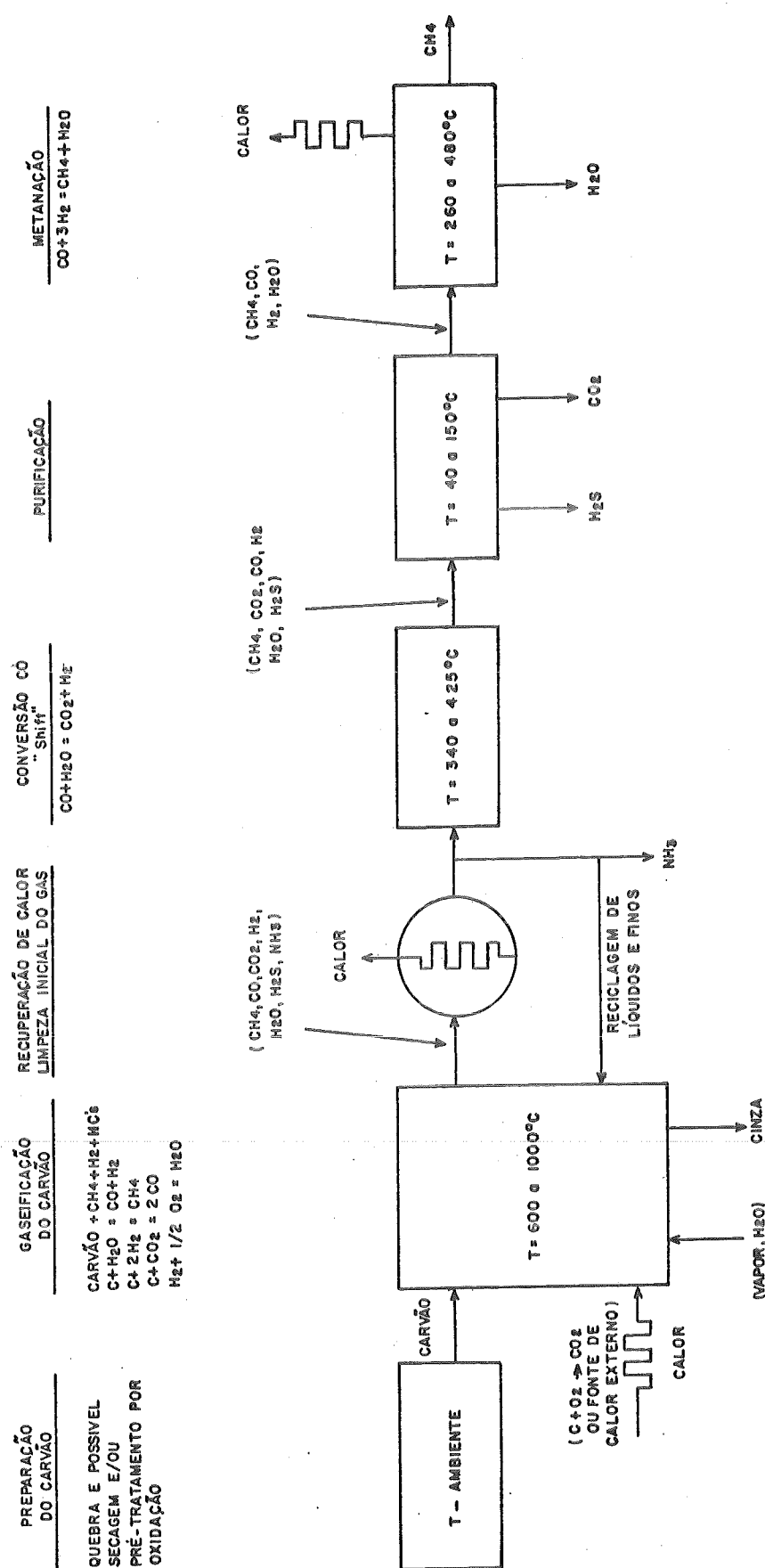


Figura 8 — FLUXOGRAMA GENERALIZADO PARA GASEIFICAÇÃO DO CARVÃO

e já pode ser utilizado como gás de baixo e médio poder calorífico, ou ainda de alto poder calorífico através de processamento adicional (9.000 kcal/Nm^3).

Os processos de gaseificação podem ser divididos em dois grupos:

1. comercialmente disponíveis;
2. processos avançados.

Como comercialmente disponíveis temos os processos Lurgi, Koppers - Totzek, Winkler e o Wellman-Galusha, sendo que este último é usado comercialmente nos Estados Unidos e os três primeiros mais usados fora dele. Os processos avançados que se encontram em operação são todos menores que 90 toneladas por dia.

IV.1 - CONTROLE DE POLUIÇÃO NA GASEIFICAÇÃO

A gaseificação do carvão já é, por si só, um método de controle da poluição e representa uma alternativa de limpeza do fluxo gasoso, de refinação de solvente, lavagem do carvão, mudança de combustível, etc, para cumprir um determinado regulamento ambiental.

A Figura 9 apresenta um diagrama de bloco simplificado dos principais passos usados no controle da poluição de unidades de gaseificação de carvão, que podem atender além daquelas exigências econômicas da produção as relacionadas com o meio ambiente. Assim, a existência ou a gravidade do problema de poluição da área em estudo será determinada pelo projeto do gaseificador, parâmetros de operação e manutenção, tipo do carvão utilizado, processo de limpeza dos gases e pelo uso final a ser dado para o gás produzido.

Diferentemente de outros processos, na gaseificação do carvão, a maior parte das cinzas é recolhida logo no seu começo. Por exemplo, no gaseificador do processo Lurgi, as cinzas são logo retiradas pelo



seu fundo. Isto não quer dizer que, posteriormente, será desnecessário outros métodos de limpeza do fluxo gasoso para reduzir a carga de material particulado se quisermos um gás limpo.

Num gaseificador comum, o enxofre será volatizado sob condições redutoras para formar H_2S junto com COS (sulfeto de Carbonila), CS_2 , mercaptanas e tiofenos. A Tabela 5 mostra concentrações típicas de impurezas, que não sejam hidrocarbonetos, contidas no combustível gasoso, produzida pela gaseificação do carvão.

Tabela 5 - Concentrações típicas de compostos não hidrocarbonetos no gás combustível produzido pela gaseificação do carvão.

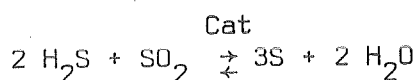
Composto	Concentração - vol. %
H_2S	0,3 - 3,0
CS_2	0,016
COS	0,009
Tiofeno	0,010
Mercaptanas	0,003
NH_3	1,1
HCN	0,10 - 0,25
Bases Piridinas	0,004
NO	0,0001

Estes compostos de enxofre são então lavados, extraídos do líquido que os absorveu com um concentrado de H_2O e então convertidos a enxofre pelo uso da tecnologia de Claus. Para lavagem do fluxo gasoso e extração dos compostos de enxofre, principalmente H_2S , pode ser utilizado qualquer um dos seguintes processos:

- . sistema de lavagem com aminas;
- . processo do carbonato de potássio;

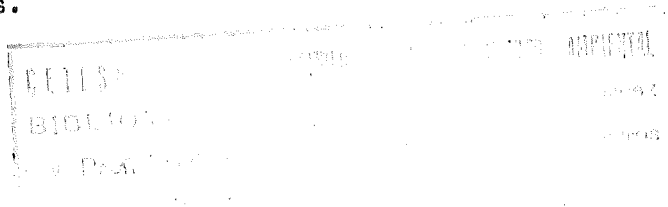
- . processo sulfinol da Shell;
- . processo do carbonato a vácuo (Koppers Company);
- . processo fostato da Shell;
- . processo da caixa de ferro úmida;
- . processo Thylox;
- . processo do óxido de ferro à quente;
- . processo de injeção da dolomita.

Daí então o caudal de H_2S é enviado para a unidade de Claus. No processo de Claus, o H_2S será queimado sob condições precisamente controladas de maneira que um terço seja convertido para SO_2 . Os produtos da combustão resfriados reagirão cataliticamente para formar o enxofre elementar,



após o qual o enxofre é condensado e separado. Entretanto, a recuperação não é completa e cerca de 5% deste enxofre estará presente no gás de saída. A tecnologia de tratamento do gás de cauda, por ex. o Beavon, Cleanair e o processo IFP, pode recuperar quase todo o enxofre remanescente. Desta forma, a remoção do enxofre de 99.5 à 99.9%, pode ser atingida no H_2S presente nos gases, justificando os custos de investimento e operação.

O nitrogênio do carvão pode ser convertido para amônia, cianetos e fenóis. Como estes compostos servem como fontes de nitrogênio ligados ao combustível para produção de óxidos de nitrogênio (NO_x) nos processos de combustão, eles serão removidos através da eliminação do alcatão e do enxofre. Eles podem ser recuperados dos resíduos líquidos e reaproveitados.



Na maioria das vezes, tais resíduos líquidos provenientes dos gaseificadores serão tratados através de tecnologia convencional, qual seja, oxidação biológica, separação gravimétrica e por uma variedade de outros processos físico-químicos das operações unitárias (troca iônica, osmose reversa, adsorção, filtração, cloração, etc.).

V - VANTAGENS E DESVANTAGENS AMBIENTAIS DO USO DO CARVÃO NACIONAL

Uma das principais desvantagens ambientais é a cinza e o enxofre contido no carvão.

A queima do carvão mineral, comparada com a queima dos combustíveis líquidos e gasosos, apresenta um maior problema de manuseio. Podemos dizer que somente o gás seria a forma mais limpa de combustível, devido a possibilidade de maior controle sobre seus parâmetros, permitindo assim uma combustão adequada. À medida em que vamos de combustível gasoso para o sólido, aumentam as dificuldades na combustão e conforme a quantidade de cinza contida no combustível, somente pelo uso de técnicas de queima direta mais sofisticadas, é que iremos obter o calor desejado na combustão.

O carvão mineral nacional, com aproximadamente 40% de cinzas, se apresenta como problemático para seu uso em queima direta, tendo em vista que tais cinzas irão dificultar a queima da parte combustível impondo uma resistência maior à movimentação do fluxo gasoso, diminuindo o contato carbono-oxigênio e além disso, formando depósitos nas partes internas das caldeiras, essenciais para a transferência de calor requerido.

Por baixo de tais depósitos, a corrosão irá deteriorar rapidamente o metal, forçando paradas da caldeira, o que em última instância significa parada do processo industrial dependente do seu vapor. O aumento de reposições, num dado período de tempo, irá ocorrer principalmente para os tubos de água e outros elementos, tais como economizadores e superaquecedores.

O principal elemento desta corrosão é a ocorrência de SO_3 , que através de estudos de laboratórios, tem se demonstrado presente nos depósitos mencionados na forma de sulfatos, algumas vezes alcançando 50% de composição dos depósitos.

Com relação aos elementos menores, contidos no carvão, especial ênfase deve ser dado à toxicologia de tais elementos.

O manganês, ítrio, zinco, níquel, cromo hexavalente, cobre, vanádio, gálio, chumbo, cobalto e berílio, já detectados nos carvões do Sul, são reconhecidamente tóxicos e seus efeitos nocivos (conforme a concentração, tempo de exposição e meio pelo qual os seres vivos possam com eles tomar contacto) no homem ou em animais de laboratório, são conhecidos por afetarem o sistema nervoso central (Mn), serem carcinogênicos em camundongos (ítrio), causadores de problemas gastro-intestinais (Zn), causadores de cancer pulmonar (Ni), etc.. No anexo 1 podemos verificar alguns aspectos preliminares da toxicidade de tais elementos.

Estudos feitos no Rio Grande do Sul, em amostras de carvão provenientes das jazidas de Butia e Candiota, com o objetivo de se detectar a presença de elementos menores que pudessem ter significado econômico mostram a existência destes elementos conforme a Tabela 6.

Apesar de elementos, tais como: Hg, As, Cd, Sb, Sn, Se e F, não terem sido pesquisados, o certo seria efetuarmos uma análise qualitativa e quantitativa, de todos os elementos presentes na amostra (elementos presentes em pequenas proporções).

Tanto os animais como o homem podem sofrer danos sobre a saúde, uma vez que estes elementos menores vão estar presentes na sua cadeia alimentar. Não podemos concluir que tais elementos menores irão causar impactos ambientais sobre todas as comunidades, mas podemos afirmar que o potencial de impacto será obviamente maior em áreas que já possuam uma acumulação deles na atmosfera, nas águas e no solo.

Tabela 6 - Comparação de Concentração de Elementos Menores em Cinzas de Carvão das minas de Butia e Candiota, no Rio Grande do Sul.*

Elementos	BUTIA Med.Arit.(g/t) - 15**	CANDIOTA Med.Arit.(g/t) - 24**
U ₃ O ₈	6,3	-
Mn	260	250
Zn	-	nd
Y	101	65
Zr	447	542
Cu	37	22
V	126,5	72
Ni	90	27
Ti	9400	5600
Ge	85	tr
Ga	22	16
Ba	192	221
Sc	26	15
Cr	84,5	56
Sr	251	138
Pb	30,5	27
Co	19,5	11
Be	20	11

* Análises feitas por via espectro-química

** Média Aritmética - n° de amostras.

As impurezas contidas no carvão são motivo de preocupação, tendo em vista a quantidade de cinzas e enxofre, da qual deveremos nos ver livres, não só do ponto de vista ambiental mas também do processual. Assim para uma completa análise e identificação de possíveis impactos sobre o ambiente pelo uso do carvão, deveremos executar uma completa verificação de todo o seu ciclo de ação no ambiente, qual seja, da

sua extração da mina até a final e adequada disposição dos resíduos da combustão. Isto incluiria as fases de extração, refino, transporte, combustão e disposição final dos resíduos gasosos, líquidos e sólidos. Com relação a estas fases podemos dizer:

V.1 - EXTRAÇÃO E REFINO

Na extração e refino do carvão teremos problemas ambientais, aos quais os mineiros estão expostos, pela existência de altas concentrações de poeiras nos ambientes de trabalhos da mina, provenientes da mineração e de refinação do carvão, e quanto mais minas forem abertas mais destes trabalhadores estarão expostos a estes problemas (pneumoconiose). Haverá o transporte de resíduos de carvão a corpos d'água situados nas vizinhanças da mina, principalmente transportados por águas de chuva, o que poderá comprometer o uso deste recurso natural. Haverá também a necessidade de dispor convenientemente os resíduos não aproveitáveis da mina, bem como a restauração das áreas já mineradas. É também importante lembrar que os impactos ambientais do carvão de Santa Catarina ou do Rio Grande do Sul serão diferentes tendo em vista a origem destes seres provenientes de minas diferentes.

V.2 - TRANSPORTE E ARMAZENAMENTO

Nas épocas de seca ou chuvas, cuidados deverão ser tomados para evitar o arraste de partículas de carvão pelo ar ou águas, o que resultaria em emissões fugitivas. Onde essas emissões fugitivas possam ser liberadas e como preveni-las, deverão ser sempre levados em conta nos projetos de viabilidade do uso do carvão.

V.3 - RESÍDUOS PROVENIENTES DA OBTENÇÃO DE ENERGIA DO CARVÃO

Os resíduos provenientes dos processos de queima direta (combustão do carvão) incluem cinzas volantes, cinzas de fundo de fornalha, escória e lamas provenientes do equipamento de controle de poluição do ar

e água. A maior ou menor sobra de tais resíduos irá depender do tipo de carvão e do processo de combustão a que ele será submetido. Águas de infiltração das lagoas de secagem de lodo, bem como águas contendo cinzas poderão carrear substâncias tóxicas ao solo próximo, à vegetação, às águas subterrâneas e eventualmente, às águas superficiais. O uso final dos resíduos da combustão será provavelmente em aterros sanitários, que se não convenientemente projetados, poderão causar problemas ao uso do solo e das águas. Tais problemas irão variar de região para região, e principalmente, em função do solo ser árido ou não, e da ocorrência de chuvas.

No caso da gaseificação as emissões também causarão resíduos sólidos, líquidos e gasosos em função da qualidade dos processos de limpeza e purificação a serem escolhidos, por exemplo. processo de recuperação de enxofre, Claus e Stretfor, para controle dos compostos sulfurados e incineração das emissões de hidrocarbonetos que não metanos, ou outra opção. As alternativas deverão ser estudadas detalhadamente a fim de se obter aquela que atenda aos requisitos econômicos e também os ambientais.

V.4 - EMISSÕES DE POLUENTES NO FLUXO GASOSO

Os principais poluentes da queima direta serão SO_x , NO_x e Material Particulado, onde se incluem os elementos menores tais como Ni, Pb e etc... Alguns destes elementos não serão retidos nem pelo mais eficiente precipitador eletrostático. Dos elementos acima, aquele que se possui mais conhecimento sobre seus danos ao ambiente é o SO_x . Eles poderiam ser citados como danos agudos ou crônicos sobre a vegetação, animais e o próprio homem em função:

- . da frequência de ocorrência de condições meteorológicas adversas sobre a fonte e redondezas;
- . do conteúdo de enxofre no carvão;
- . do uso ou não de lavadores de SO_x .

As vantagens do uso do carvão são grandes, principalmente no que tange ao aproveitamento dos recursos energéticos nacionais existentes de fósseis brasileiros (79% de carvão e só 4% de petróleo). O não dispêndio de divisas para a importação de combustível importado possibilitará o desenvolvimento de novas tecnologias que já incluam, no projeto inicial, os custos de adequados controles ambientais.

Desta forma, para a área ambiental, excluindo a queima direta do carvão em caldeiras localizadas nos grandes centros populacionais do país, o uso do carvão torna-se uma opção para produção de gás, que é de fácil manuseio e menos poluente, aliviando até a curto prazo o déficit da balança de pagamento.

Em menor escala e conforme a localização, o carvão poderá ser utilizado como por exemplo, em unidades de produção de cimento, cerâmica, etc., desde que se inclua no projeto inicial os equipamentos de controle da poluição, aprovados pelos organismos ambientais responsáveis pelo problema. Desta maneira estaremos conciliando o uso do carvão com os requisitos ambientais da população.

VI - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

VI.1 - CONCLUSÕES

Apesar da existência de grandes quantidades de carvão mineral, no Brasil, podemos verificar que este é ainda pouco utilizado para a obtenção de energia, quem sabe por falta de uma maior oferta ao mercado potencialmente consumidor.

Com a crise energética, este passou a ser bastante visado para fins de sua utilização e as alternativas mais em discussão são as de obtenção de energia pela queima direta (caldeiras, fornos industriais para cimento, cerâmica, etc.) e de maneira indireta, pela sua gaseificação.

Na atual fase de controle ambiental, a localização das fontes polui

doras ou mesmo potencialmente poluidoras fica diretamente dependente do uso predominante do solo, não sendo mais adequadas em regiões de média ou alta densidade populacional, sob pena de não só causarem da nos à população vizinha, mas também terem, depois de instaladas, muitas reclamações, o que implicaria em gastos posteriores elevadíssimos, mas sem uma solução prática como podemos verificar através de vários casos existentes na Região da Grande São Paulo e em outros centros urbanos do Brasil.

Para as novas indústrias, o controle de poluentes, para as unidades de queima direta, deverá estar baseado na melhor tecnologia prática disponível, o que encarecerá sobremaneira a escolha do carvão como combustível (vide teor de enxofre e cinzas no carvão nacional). Contudo, a viabilidade econômica do projeto é o fator decisivo para a escolha do combustível a ser utilizado.

Com relação às indústrias já instaladas, o uso do carvão como combustível agravaria a já existente saturação atmosférica por poluentes aéreos, que se constata nas diferentes e principais regiões, não só de São Paulo como também em diversas partes do Brasil. Sem excessões esta mudança de combustível seria inaceitável para tais situações.

Com relação às indústrias que se localizam em regiões não saturadas sob o ponto de vista poluição e que não causem problemas diretos de incômodos às populações vizinhas, respeitadas as exigências de controle e os padrões de qualidade do ar, seria aceitável a modificação do combustível por carvão.

Para fins ilustrativos, o uso do carvão para geração de energia em unidades fabris, sem equipamentos de controle de poluição do ar, ao invés de combustíveis líquidos (BTE e BPF), irá gerar a emissão de poluentes à atmosfera em quantidades muito maiores, principalmente material particulado. Por exemplo, se assumirmos que um carvão possui um conteúdo de cinzas médio de 40%, teremos uma emissão de material particulado de 320 Kg/ton de carvão queimado (fator de emissão

de 8 x % cinzas) o que comparado com o maior valor de emissão de material particulado pela queima de combustíveis líquidos (no máximo 3 Kg/m³ de combustível) daria um valor aproximadamente 100 vezes maior do que este combustível líquido.

Se assumirmos a troca de óleo combustível pelo carvão mineral (moído ou pulverizado) nas caldeiras > 10.000 Kg de vapor por hora, na Região da Grande São Paulo; nunca atingiremos, conforme demonstrado na página 19 - item III.4 deste trabalho, uma emissão de material particulado compatível com o Padrão de Qualidade do Ar, federal e estadual.

No caso dos compostos de enxofre e dentro do estudo acima mencionado, teríamos um aumento nas emissões de óxidos de enxofre na atmosfera de 750 t/d para 957 t/d, o que significaria agravamento dos atuais níveis deste poluente na atmosfera da Grande São Paulo.

No caso da gaseificação, esta aparece como uma alternativa mais limpa de uso de carvão, mas considerando que muitos processos de gaseificação encontram-se ainda em avaliação, com fins de adequação ao tipo de carvão específico, dever-se-ia incluir nos Grupos de Trabalho, que estejam sendo implantados no Brail, representantes de organismos ambientais. Isto evitaria, que após longos estudos processuais para definição de uma certa tecnologia, esta ainda fosse inadequada para uso em uma determinada região.

A participação da área ambiental, na escolha da tecnologia adequada para fins de uso do carvão nacional, poderia incluir:

- . estudo do processo industrial e identificação de suas fontes de polução;
- . estudo das fontes de poluição;
- . identificação dentre as fontes de emissão de poluentes quais são

significativas em termos de poluição, levando-se em conta também os possíveis efeitos, sobre o ambiente, de tais poluentes (por exemplo: os elementos menores tais como Ni, Be, Cr, etc.);

- . estudo das possíveis soluções para as fontes de poluição identificadas, adequando a solução escolhida às necessidades do meio ambiente em estudo.

VI.2 - RECOMENDAÇÕES

- . Em locais onde seja, do ponto de vista ambiental possível de se usar o carvão, deve-se adotar preventivamente medidas ou equipamentos de controle de poluição ambiental, uma vez que já existem tecnologias viáveis para tal.
- . Sejam sempre ouvidos os organismos ambientais responsáveis pelo controle da poluição ambiental, fazendo-os participar em todas as etapas necessárias à escolha da alternativa a ser implantada.

BIBLIOGRAFIA

1. DTEG-DPAT/Gerência de Emissões Atmosféricas, da CETESB, " Relatório Interno sobre substituição de Combustíveis derivados do Petróleo por Carvão Mineral Nacional em Caldeiras na Região da Grande São Paulo". Agosto/1 979
2. GALVÃO FILHO, J.B., "Relatório sobre Utilização do Carvão nas Indústrias de Papel e Celulose". Junho/1 978
3. MURTHY, KESHAVA et al, "Environmental Assessment of the fluidized bed Combustion of Coal: Methodology and initial results. APCA, v. 28, nº 3, Março/1 978
4. HARRY, J. White, "Electrostatic Precipitation of fly ash", JAPCA, vol. 27, nº 15
5. "Gaseificação do Carvão de Santa Catarina"- considerações preliminares, Relatório Petrobrás. Dezembro/1 975
6. "O Carvão Mineral"- Fonte Alternativa de Energia - Folheto CAEEB
7. HEITNER, K.L., "Air Pollution Assessments of New Fossil Energy Technologies" - JAPCA, vol. 27, nº 12. Dezembro/1 977
8. Anônimo, "Hydrocarbon Process", 52, 87-116 (1973)
9. W.T., Abel et al., "Removal of Hydrogen Sulfide from Hot Producer Gas by Solid Absorbents", R.I 7947 U.S. Bureau of Mines, Wa,D.C., 1 974
10. L.K. Mudge, et al., "The Gasification of Coal", Report to Battelle Energy Program. Battelle's Columbus Laboratories, Columbus, Ohio, 1 974
11. A.V. Slack, "Sulfur Dioxide Removal from Waste Gases", Pollution Control Review, nº 4, Noyes Data Corp. Park Ridge, N.J. 1 971

12. DANIELSON, J.A., "Air Pollution Engineering", 2ª Edição, Manual - USEPA - Ap. 40, 1 973
13. "Compilation of Air Pollutant Emission Factors", 2ª Edição, USEPA, NC, 1 977

BIBLIOGRAFIA SOBRE ANEXO 1

1. BATES, D.V., "Physiological effects on man of air pollutants" - Federation Proceedings (10), 2133-35, 1 975
2. CASARETT, L.J.; DOULL, J., "Toxicology - The Basic science of poisons". Macmillan Publishing Co., N.Y., - 1 975
3. WORLD HEALTH ORGANIZATION, "Health Hazards of the human Environment", Geneva, 1 972

ANEXO I

ASPECTOS RELATIVOS A TOXIDADE DOS EFLUENTES GASOSOS PROVENIENTES DA
QUEIMA DE CARVÃO MINERAL*

* Elaborado pela Divisão de Toxicologia da STAR/DTSA/CETESB.

BÁRIO - Ba

Os compostos solúveis de bário são absorvidos e pequenas quantidades são retidas pelo organismo.

Os compostos solúveis uma vez absorvidos são transportados pelo plasma. As fezes parecem ser a principal via de eliminação embora alguma parte seja eliminada por via renal. Os sais solúveis de bário são altamente tóxicos; as formas insolúveis do bário, especialmente o sulfato, não são tóxicos por via oral devido a sua mínima absorção.

Baritoses é uma pneumoconiose benigna produzida pela inalação do pó de sulfato de bário e carbonato de bário, é revelada por alterações radiológicas no pulmão, e que são reversíveis quando cessa a exposição.

BERÍLIO - Be

Não é absorvido por nenhuma via. Os animais de experimentação só absorvem 1% como máximo. Do Berílio inalado durante a exposição uma parte é retida no pulmão e mobilizada lentamente. No sangue, se forma fosfato de berílio coloidal. Além disso, pequenas quantidades de Be podem ser encontradas formando um complexo solúvel com o citrato que é depositado nos ossos e eliminado pela urina.

As lesões da pele são as mais comuns da enfermidade industrial.

A beriliose, resultante da exposição a longo prazo, apresenta os seguintes sintomas: dispnéia, tosse, perda de peso, debilidade, fadiga, dor no peito e desconforto.

A exposição ocupacional pode produzir dois tipos de enfermidade: pneumonia aguda e beriliose, uma enfermidade crônica progressiva, localizada primariamente nas paredes alveolares.

A beriliose tem sido observada em indivíduos não expostos ocupacionalmente.

O berílio pode ser um problema local de contaminação do ar. As formas aguda e a crônica têm sido encontradas com predominância da última.

De 60 pessoas com beriliose não ocupacional, 18 estavam expostas ao

berílio contido no ar contaminado da vizinhança de fábricas que utilizam Be.

O Be junto com o Hg e asbestos é considerado como um contaminante do ar que apresenta sérios riscos, para os quais foram fixados, nos Estados Unidos, padrões de emissão.

COBALTO - Co

Os sais de Co são bem absorvidos por via oral. Ao redor de 80% de Co ingerido são eliminados pelas fezes, sendo que o leite e o suor são vias secundárias de eliminação.

A carga total no organismo tem sido estimada em 1,1 mg. O nível normal na urina é 98 µg/l e no sangue é de 0,18 µg/l.

A ingestão de quantidades excessivas de Co produz, no homem, policitemia.

A administração oral, a longo prazo, de altas doses produz bôcio.

A exposição industrial a sais de Co produz efeitos respiratórios.

ESCÂNDIO - Sc

Após a injeção intravenosa, concentra-se no fígado e no sistema retículo endotelial, e nos ossos a concentração é baixa.

Experiências em coelhos, acusou opacidade da córnea causada pelo Sc.

ESTRÔNCIO - Sr

Há algumas evidências que o Sr é essencial para o crescimento de animais e especialmente para a calcificação de ossos e dentes. É absorvido do trato gastrintestinal em limitadas quantidades, embora este nível dependa dos níveis de Ca na dieta. Aproximadamente 1/4 do Sr ingerido é eliminado nas fezes, e o resto é eliminado na urina. O leite é uma via secundária de eliminação.

O estrôncio tende a acumular-se nos dentes e ossos, que são sítios primários de acumulação em condições normais.

Quimicamente, a toxicidade do Sr é quase nula. Não têm sido relatados efeitos adversos da exposição industrial.

GÁLIO - Ga

O metal é líquido à temperaturas superiores à 29,9°C. O Ga não é realmente absorvido por via oral. Nos ossos está em concentração menores que 1 ppm. A urina é a maior via de eliminação. Não têm sido relatados efeitos adversos posteriores à exposição industrial.

ÍTRIO - Y

Produz opacidade permanente em córnea de coelhos.

MANGANÊS - Mn

A carga de manganês no organismo tem sido estimada em 20 mg. Os pulmões não acumulam Mn com a idade, apesar das concentrações significantes encontradas no ar.

O valor normal de Mn sérico é ao redor de 2,5 µg/l. A principal via de eliminação é a biliar.

A toxicidade resultante da inalação na exposição industrial, geralmente na mineração ou manipulação do MnO₂, é de dois tipos: pneumonite mangânica e outra que envolve o sistema nervoso central.

NÍQUEL - Ni

O valor médio da carga de Ni no organismo tem sido estimado em um valor inferior a 10 mg, tendo sido observadas amplas variações geográficas.

A concentração no pulmão aumenta com a idade, é eliminado principalmente pelas fezes. Tem sido encontrado Ni na bile. Os valores encontrados na urina são valores ao redor de 2,3 µg/100 ml.

O efeito mais frequente resultante da exposição ao Ni é dermatite. O composto mais tóxico é o Ni (CO)₄, resultante da combinação do Ni ou seus compostos com CO. Exposições na atmosfera contendo 30 ppm são letais para o homem em 30 minutos.

Exposição a longo prazo a Ni(CO)₄ têm implicado epidemiologicamente em câncer, afetando pulmão e nariz.

Não existem estudos epidemiológicos que confirmem a toxicidade sistê

mica do Ni e seus compostos, com exceção do $\text{Ni}(\text{CO})_4$.

TITÂNIO - Ti

Aproximadamente 3% da dose oral de titânio é absorvida. A maioria do absorvido é eliminado pela urina. A concentração normal tem sido estimada em 10 $\mu\text{g}/\text{l}$ urina.

A quantidade no organismo é ao redor de 15 mg.

A maioria está no pulmão, provavelmente como resultado da inalação na exposição. O Ti inalado tende a permanecer no pulmão por longos períodos. Tem sido estimado que ao redor de 2/3 do titânio inalado é retido pelo pulmão. A variação geográfica da quantidade de Ti no pulmão depende da concentração no ar e esta quantidade aumenta com a idade.

O Ti e os seus compostos são em geral virtualmente inertes. O tetracloreto de titânio, que é lançado no ar durante o processo de cloração e operações de retificação, é altamente tóxico e irritante, seja este, como seus produtos de hidrólise.

COBRE - Cu

O nível normal de Cu no soro é de 120 à 145 $\mu\text{g}/\text{l}$. A bile é a via normal de eliminação. É geralmente aceito que a exposição excessiva em pessoas normais, não produz uma enfermidade crônica.

A exposição industrial ao Cu ocorre principalmente do fumo gerado na solda de arco elétrico de metais.

O fumo e o pó causam irritação do trato respiratório superior, náuseas, sabor metálico na boca, febre, e em algumas ocasiões, descolora^{ção} da pele e cabelo. A inalação de pó, fumo e neblina de sais de Cu podem causar congestão da mucosa nasal, às vezes da faringe e em certas ocasiões ulcerações com perfuração do septo nasal.

VANÁDIO - V

Existe algumas referências que o V seja útil, se não essencial, em

vários sistemas biológicos.

Tem sido postulado um efeito hemático pelo V. O valor normal no soro é de 35-48 µg/100 ml.

A principal via de eliminação é a urina.

O tecido pulmonar pode conter V dependendo da via de exposição. A ação tóxica do V é exercida sobre o trato respiratório. Bronquite e broncopneumonia são mais frequentes em trabalhadores expostos a compostos de V. Tem sido descrita irritação da pele e olhos na exposição industrial, como também náuseas, vômito, dor abdominal, palpitações, depressão nervosa, dano renal, tremor. Tem sido postulado que as enfermidades cardíacas estão relacionadas com a contaminação do ar pelo V e que junto com o cádmio pode produzir estes efeitos adversos.

Cinzas e emissões provenientes da combustão de óleos combustíveis contêm concentrações relativamente altas de óxidos de V, representando' um risco para a saúde pública.

Os efeitos produzidos no homem pela exposição ao pó de V_2O_5 incluem conjuntivite, nasofaringite e tosse persistente. Não foi provado que seja carcinogênico.

MONÓXIDO DE CARBONO - CO

O CO penetra por via pulmonar e se combina com a hemoglobina e algumas hemoproteínas extravasculares. Isto provoca uma redução da capacidade de transporte de O_2 pelo sangue e também interfere na liberação de O_2 nos tecidos.

A afinidade da hemoglobina pelo CO é ao redor de 240 vezes maior que a do O_2 ; a COHb é mais estável que a HbO.

O CO não é tóxico acumulativo, porém sua eliminação e absorção depende da pressão parcial no ar ambiente e da porcentagem de saturação da hemoglobina. Necessitam-se algumas horas para alcançar o equilíbrio. Em indivíduos não fumantes o nível de COHb é ao redor de 0,5% variando entre 0,4 à 0,8%. Fumantes têm valores mais altos, com média de 5%.

DIÓXIDO DE ENXÔFRE - SO₂

O mecanismo de aumento da resistência das vias aéreas como consequência da inalação de SO₂, não está completamente esclarecido porém, parece que uma broncoconstrição reflexa está envolvida. Uma ampla variação individual entre pessoas normais é encontrada nesta resposta. Exposição a longo prazo a níveis mais altos que aqueles encontrados no ar contaminado aumentam a hipertrofia das glândulas mucosas, aumento da secreção do trato respiratório foi relacionado com ar contaminado com alto valor de SO₂, como consequência do mesmo mecanismo. Não se observou efeitos sistêmicos gerais a estas concentrações.

ÓXIDOS DE NITROGÊNIO

Geralmente a média mensal pode alcançar 0,1 ou 0,2 ppm em algumas cidades.

As vias aéreas e os macrófagos alveolares poderiam ser o sítio de efeito primário.

O aumento na resistência das vias aéreas humanas tem se verificado a concentrações de 1,5 ppm.

O maior estudo epidemiológico envolvendo óxidos de nitrogênio foi o realizado em Chatanooga-Tennessee, onde uma fábrica de TNT produziu variações na concentração média de óxidos de nitrogênio na atmosfera em diferentes áreas da cidade. Este estudo mostrou uma relação entre níveis de óxidos de nitrogênio e afecções respiratórias na maioria dos grupos estudados segundo a idade.

MATERIAL PARTICULADO - MP

As partículas depositadas no alvéolo estimulam a atividade dos macrófagos e isto pode ter consequências secundárias.

Muitas partículas em altas concentrações têm efeitos específicos conhecidos como por exemplo: asbestos e metais pesados, potencialmente perigosos, que incluem Cd, Mn, V e Be.

Pequenas partículas de sílica cristalina, tais como aquelas que são

lançadas na limpeza com jatos de areia, causam danos ao pulmão. Ca e Fe produzem poucos efeitos ainda em altas concentrações. O tempo de eliminação parece ser dependente do tamanho da partícula e de sua solubilidade. Acredita-se que as partículas de chumbo de $0,4 \mu\text{m}$, tais como as que saem do escapamento dos automóveis, quando aspiradas podem ter uma vida média no pulmão por volta de 14 horas. É possível ' demonstrar correlação entre excesso de mortalidade por doenças e polução por Material Particulado dentro de áreas da mesma cidade e também entre diferentes cidades.

1. Name	
2. Address	
3. Telephone	
4. E-mail	
5. Data Source	

Notes