

Tecnologias de Despoluição

Aplicáveis ao Projecto

de Novas Centrais Térmicas a Carvão

João Gonçalves ^a



João Gonçalves

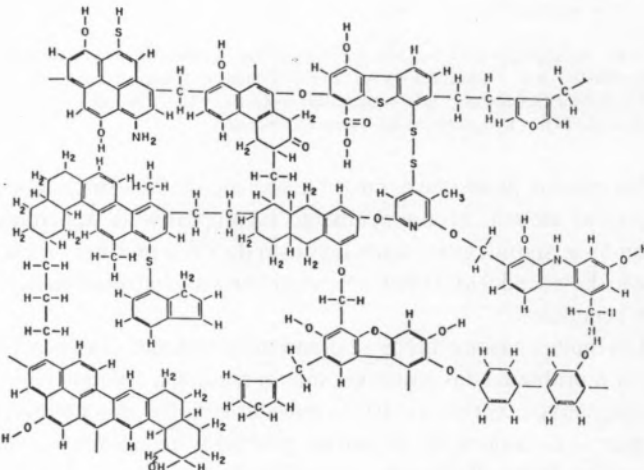
Licenciado em Engenharia Químico-Industrial (IST) – 1969.
Chefe do Departamento de Sítios e Ambiente da Direcção de Equipamento Térmico da EDP (1984-).
Responsável pela Área de Química da mesma Direcção da EDP (1977-1983).
Técnico da Junta de Energia Nuclear (1969-1975) e da CPE/EDP (1975-).
Membro do Grupo Consultivo da CAIPA (Com. Amb. AIP).
Representante (substituto) da EDP na Direcção da CAIPA.
Membro do Grupo de Especialistas sobre Políticas de Ambiente da UNIPEDE (União Int. de Indústrias Eléctricas).
Membro da Ordem dos Engenheiros (Eng.^a Química).

iniciais entraram em serviço em 1985 e de que acaba de ser lançado na rede o 4º e último grupo. Com a realização da central do Pego, em Abrantes, a EDP poderá passar a dispor, dentro de 10 anos, de 2400 MW de potência eléctrica instalada com base em centrais a carvão, o que corresponderá, aos níveis de utilização previstos, à queima anual de 5 milhões de toneladas daquele combustível.

CENTRAIS TERMOELÉCTRICAS DA EDP
Situação em Nov. 1989

	Centrais	Combustível	N.º de Grupos	Pot. (MWe)
Em Serviço	Tapada	CN+F	3	150
	Carregado	F	6	750
	Alto Mira	G	6	135
	Barreiro	F	2	64
	Setúbal	F	4	1000
	Tunes	G	4	199
	Sines	CI	4	1200
Em Const.	Pego I	CI	1	300
Aut.	Pego	CI	3	900

Como é sabido o carvão pertence à categoria dos combustíveis poluentes.



Grupos estruturais e pontes de união num carvão betuminoso
(Wiser, 1973)

Em 1987, 4600 GWh correspondendo a cerca de 52% da electricidade de origem térmica lançada na rede eléctrica nacional, foram produzidos pela central térmica de Sines. O carvão importado constituiu, assim, pela 1ª vez, o combustível determinante para o conjunto da produção térmica nacional.
O recurso a este combustível fóssil para a produção de vapor e de electricidade foi, em Portugal como em inúmeros outros países, determinado pela necessidade de responder prontamente à situação de crise provocada, nos anos 70, pela «pool» dos países exportadores de petróleo.
Data de finais dessa década a decisão de construir, em Sines, a primeira central a carvão importado, de que os 2 grupos

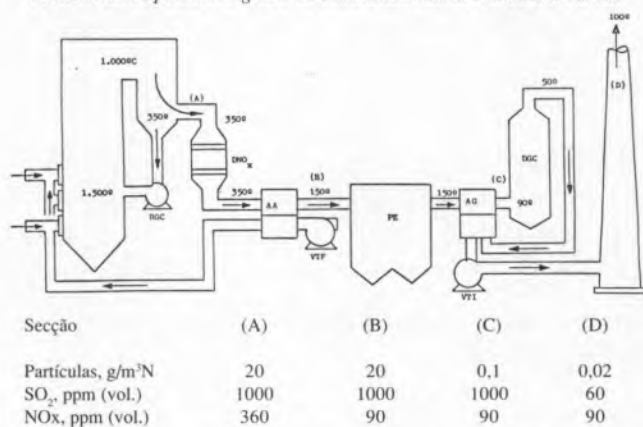
^a EDP – Direcção do Equipamento Térmico / Departamento de Sítios e Ambiente.

Os processos usados na combustão do carvão têm por objectivo libertar a energia química contida no combustível transformando-a em calor. Por sua vez, esta energia térmica pode converter-se em energia mecânica e eléctrica ou utilizar-se como tal – directamente ou através de sistemas permutadores – como fonte de calor em usos domésticos ou processos industriais.

O processo de combustão gera um conjunto de efluentes gasosos de que se devem destacar, em termos quantitativos, o dióxido de carbono (CO_2) e a água (H_2O) no estado de vapor.

Apesar da atenção que actualmente se dedica às emissões de CO_2 , consideradas responsáveis por efeitos climáticos que podem ser muito graves para o nosso planeta, iremos concentrar-nos, no que segue, na análise das técnicas desenvolvidas com o fito de limitar as emissões atmosféricas de efluentes como os óxidos de enxofre (SOx) os óxidos de azoto (NOx) e as poeiras que, apesar de produzidos em muito menor quantidade, podem originar efeitos nocivos para a saúde do homem e para a qualidade do ambiente. São hoje conhecidas e suficientemente dominadas diversas soluções técnicas que permitem limitar os efeitos negativos das emissões contaminantes. As mais eficazes consistem na depuração dos gases de chaminé, com destaque para a dessulfuração, denitrificação e despoiramento.

Tratamentos típicos dos gases de combustão numa caldeira a carvão



RGC – Recirculação dos Gases de Combustão; DNOx – Denitrificação dos Gases de Combustão; AA – Aquecedor de Ar; VTF – Ventilador Tiragem Forçada; PE – Precipitador Electrostático; AG – Aquecedor de Gases; VTI – Ventilador Tiragem Induzida; DGC – Dessulfuração dos Gases de Combustão.

No entanto, posto que os custos associados à sua utilização se podem mostrar economicamente inoportunos, repercutindo-se significativamente no custo do kWh produzido, ela não deve ser decidida sem uma cuidadosa avaliação de custos e benefícios.

Em muitos casos oferece-se como mais atraente, para resolver o problema das emissões, quer o recurso a combustíveis alternativos (carvão de baixo teor em enxofre, gás natural) quer a consideração de novos processos tecnológicos de queima (leitos fluidizados, gaseificação).

Naturalmente que uma decisão sobre esta matéria está, por outro lado, condicionada pelo panorama regulamentar existente.

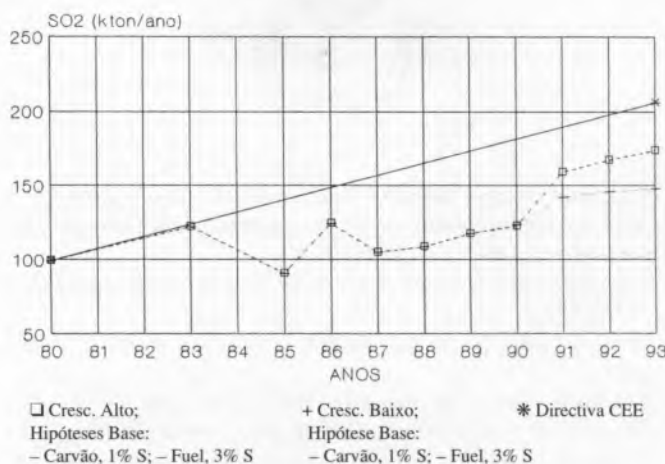
No caso português, a nossa entrada para as CE's veio introduzir um novo quadro de referência (as Directivas CEE) a

partir do qual se está desenvolvendo a legislação nacional. Merecem destaque, neste campo, o já publicado Despacho Normativo 29/87 de 20 de Março sobre limites de concentração de poluentes na atmosfera, bem como as propostas de diploma sobre «Qualidade do ar» e «Avaliação de impactos ambientais».

Dentre as Directivas CEE assume uma importância determinante a que se refere à Limitação das Emissões das Grandes Instalações de Combustão (Directiva 88/609/CEE). Essa Directiva distingue o caso específico de cada país membro quanto a um programa global de redução das emissões poluentes provenientes dos Doze, permitindo que Portugal apenas seja obrigado a reduzir as suas emissões de SOx e de NOx a partir de 1998.

Isto significa que as centrais existentes ou em construção e, em especial, as centrais a carvão de Sines e do Pego, não

PROECÇÃO EMISSÕES DAS C.T. EDP
Período 1980-1993



sejam, por força daquela Directiva, obrigadas a incluir dessulfuração ou denitrificação de fumos. Significa, pelo contrário, uma exigência específica quanto à sua inclusão em todas as unidades que se instalarem após o Pego.

Uma vez definido o enquadramento regulamentar desta questão e as suas implicações nacionais, passamos a descrever, com o grau de pormenorização compatível com a extensão deste trabalho, quais as técnicas de redução das emissões atmosféricas poluentes que têm vindo a ser desenvolvidas. Assim, poderemos começar por referir que as técnicas ditas de «despoluição» se podem classificar em:

- Medidas primárias;
- Medidas secundárias.

As primeiras são aquelas que actuam anteriormente à formação dos poluentes que se pretendem eliminar. Dentre as principais podem destacar-se:

- Processos de purificação do carvão (redução do enxofre);
- Técnicas de tratamento do carvão (gaseificação);
- Novas técnicas de combustão (leitos fluidos, queimadores especiais).

As medidas secundárias correspondem às já mencionadas tecnologias de depuração de fumos. No que segue e tendo em conta dados da experiência internacional a situação actual pode resumir-se da forma seguinte:

ANEXO I

LIMITES MÁXIMOS E OBJECTIVOS DE REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE SO₂ PARA AS INSTALAÇÕES EXISTENTES (1) (2)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Estados-membros	Emissões de SO ₂ por grandes instalações de combustão em 1980 (Kt)	Limite máximo de emissão (Kt/ano)			Redução em relação às emissões em 1980 em %			Redução em relação às emissões adaptadas em 1980 em %		
		1.ª fase	2.ª fase	3.ª fase	1.ª fase	2.ª fase	3.ª fase	1.ª fase	2.ª fase	3.ª fase
		1993	1998	2003	1993	1998	2003	1993	1998	2003
Bélgica	530	318	212	159	- 40	- 60	-70	-40	-60	-70
Dinamarca	323	213	141	106	- 34	- 56	-67	-40	-60	-70
Alemanha	2225	1335	890	668	- 40	- 60	-70	-40	-60	-70
Grécia	303	320	320	320	+ 6	+ 6	+ 6	-45	-45	-45
Espanha	2290	2290	1730	1440	0	- 24	-37	-21	-40	-50
França	1910	1146	764	573	- 40	- 60	-70	-40	-60	-70
Irlanda	99	124	124	124	+ 25	+ 25	+25	-29	-29	-29
Itália	2450	1800	1500	900	- 27	- 39	-63	-40	-50	-70
Luxemburgo	3	1,8	1,5	1,5	- 40	- 50	-60	-40	-50	-50
Países Baixos	299	180	120	90	- 40	- 60	-70	-40	-60	-70
Portugal	115	232	270	206	+102	+135	+79	-25	-13	-34
Reino Unido	3883	3106	2330	1553	- 20	- 40	-60	-20	-40	-60

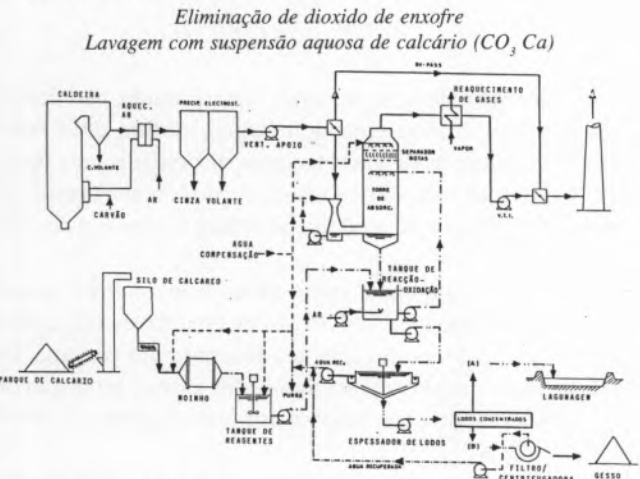
(1) Da potência autorizada após 1 de Julho de 1987 podem resultar emissões adicionais.

(2) As emissões provenientes das instalações de combustão autorizadas até 1 de Julho de 1987 mas ainda não em funcionamento antes dessa data e que não tenham sido tidas em conta por ocasião do estabelecimento dos limites máximos de emissão fixados no presente anexo deverão ser conformes às exigências estabelecidas na presente directiva para as novas instalações ou ser tidas em consideração no quadro das emissões globais provenientes das instalações já existentes, que não podem exceder os limites máximos fixados no presente anexo.

Tecnologias de dessulfuração

Os principais processos que até agora atingiram expressão comercial podem agrupar-se no 3 tipos seguintes:

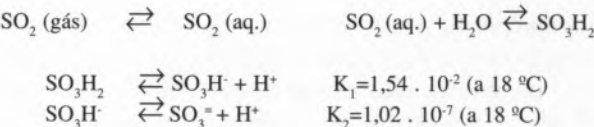
- Sistemas por via húmida;
- Sistemas por via seca;
- Sistemas semi-secos.



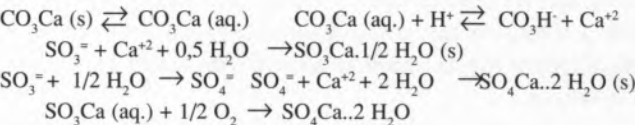
Os primeiros são os que alcançaram uma maior difusão em todos os principais países utilizadores. A tecnologia que lhes corresponde baseia-se na reacção do SO₂ existente nos fumos com um absorvente químico (dissolução ou suspensão aquosa dum produto com propriedades alcalinas) em fase líquida, num processo genericamente designado por «lavagem».

Os principais reagentes usados são o calcário (CaCO₃) e o óxido de cálcio (CaO) tanto por razões ligadas à sua abundân-

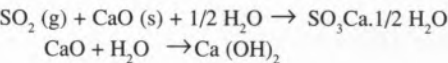
QUÍMICA DOS PROCESSOS DE DESSULFURAÇÃO HÚMIDA



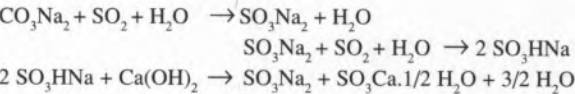
LAVAGEM COM SUSPENSÃO DE CARBONATO CÁLCICO



LAVAGEM COM LEITE DE CAL



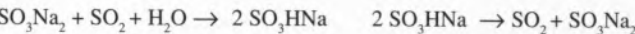
PROCESSO DOS DOIS ALCALIS



LAVAGEM COM CARBONATO SÓDICO



PROCESSO WELLMAN-LORD



cia como pelo seu baixo custo relativo. Outros sistemas, no entanto, usam carbonato de sódio, sulfito de sódio, óxido de magnésio, amoníaco e, no caso de alguns carvões, as próprias cinzas.

Os rendimentos alcançados na remoção do enxofre são, para os sistemas mais eficientes, da ordem dos 95%.

A torre de absorção ou lavador, onde se força o contacto dos gases com o absorvente, é o componente principal de todos estes sistemas. Conforme o construtor a torre pode ser de enchimento, venturi, de contacto turbulento ou de placas.

O aquecimento dos fumos é necessário para evitar a formação de condensados e corrosões, para favorecer as características ascensionais do penacho e para diminuir a visibilidade da pluma.

O tratamento e eliminação dos produtos residuais do processo apresenta, por seu turno, problemas técnicos e ambientais, podendo estar em causa o manuseamento de grandes toneladas de lamas pouco estáveis e requerendo áreas importantes de depósito. Como forma de limitar este tipo de problema a prática europeia e japonesa tem favorecido a obtenção do gesso como produto residual, designadamente no caso da utilização de cal ou calcário como reagente alcalino, em que se promove a oxidação forçada dos sulfitos e bissulfitos provenientes da lavagem dos gases a sulfato de cálcio estável. O gesso tem ainda a vantagem de poder ser utilizado na construção civil e como tal ser um subproduto comercializável.

Noutros sistemas procura-se obter diferentes produtos comerciais como seja o ácido sulfúrico ou o enxofre mas em nenhum deles se alcançaram níveis de penetração comparáveis.

Os sistemas por via seca, muito pouco divulgados, consistem na injeção directa dum absorvente pulverizado no circuito de gases ou, no caso extremo, na própria fornalha. O rendimento que é possível obter na remoção de enxofre não ultrapassa os 50%-60%, mesmo com elevada razão Ca/S.

Nos processos de absorção por pulverização e secagem, ainda que o reagente seja injectado numa câmara de reacção sob a forma de suspensão aquosa, o produto final é facilmente removido na forma seca, em filtros de mangas ou electrostáticos.

O reagente mais usado nestes processos é o óxido de cálcio. Trata-se de processos que revelam uma crescente divulgação com vantagens interessantes para carvão com baixo S.

Tecnologias de denitrificação

As medidas primárias usadas para a redução de emissões de NOx apresentam vantagens económicas importantes sobre as medidas secundárias e são, em muitos países, compatíveis com as normas de limitação das emissões.

Os sistemas ou formas de operação que se podem incluir nesta categoria são:

- Redução do excesso de ar;
- Uso de queimadores especiais;
- Modificação da geometria da fornalha;
- Combustão estagiada;
- Recirculação dos gases da combustão.

Todos eles têm um incidência importante sobre os mecanismos de geração dos óxidos de azoto. Através da sua aplicação

conjunta podem atingir-se rendimentos de «remoção» de 65%-70%.

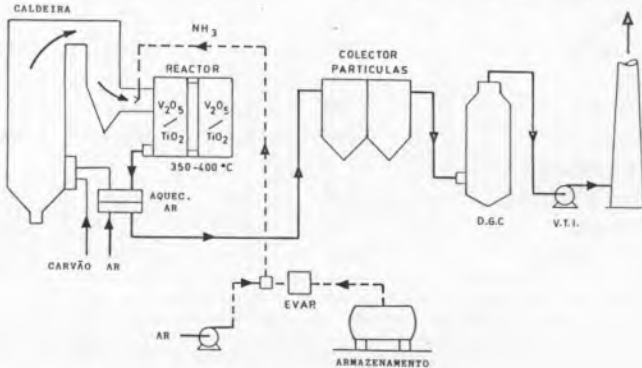
Quando as restrições regulamentares atingem níveis superiores aos que atrás se referem torna-se necessário recorrer à denitrificação de fumos.

Dos vários sistemas que se têm desenvolvido, tanto por via seca como por via húmida, cabe destacar o processo de redução catalítica selectiva. Nesse processo, o amoníaco gasoso é injectado à saída do economizador e, na presença dum catalisador (pentóxido de vanádio depositado sobre óxido de titânio) e a temperaturas de 350 °C a 400 °C dá-se a redução do NOx formando-se água e azoto molecular.

A sua utilização permite níveis de remoção de 90%.

Redução catalítica selectiva

Eliminação de óxidos de nitrogénio



Tecnologias de despoeiramento

Por serem mais divulgadas faremos apenas uma breve referência a este tipo de sistemas mencionando os ciclones, de rendimento modesto (80% a 90%) e pouco eficazes para partículas de diâmetro inferior à dezena de micra, os precipitadores electrostáticos e os filtros de mangas.

Estes últimos sistemas permitem remoções de 99.5% a 99.9%.

Uma abordagem deste tema, ainda que resumida, não ficaria completa sem uma referência a custos. Assim, deve referir-se que, dentre as diversas técnicas disponíveis para combater a poluição atmosférica resultante do funcionamento de centrais a carvão, avulta no que se refere a custos, a dessulfuração.

Efectivamente, tomando como referência o custo duma central queimando carvão com 1% de enxofre e já equipada com despoeiradores de alto rendimento, um sistema de dessulfuração com lavagem húmida dos gases e produção de gesso como subproduto implica um investimento adicional de 15% a 20%.

A denitrificação catalítica selectiva apresenta, também, um peso importante (7% a 10%) surgindo, a níveis mais modestos, os métodos primários de redução de NOx (3%-5%) e a injeção de calcário na fornalha (2% a 3%).

Em termos globais, a incidência no custo total anual de produção de electricidade, incluindo custos de operação e manutenção e custos de capital, dum conjunto coerente de medidas de controlo de poluição pode ascender a 25% do custo de produção da central de referência.



O Efeito de Estufa

Espíritos particularmente pessimistas consideram já que a biosfera, saturada de venenos, esponja gigantesca a abarrotar de DDT, mercúrio, chumbo, banhando-se numa atmosfera irrespirável, pobre em O_2 , rica em SO_2 , NO_2 e CO , não permitirá mais a vida dos humanos. O CO_2 em excesso, produzindo o efeito de estufa, aumentará a temperatura, favorecendo os dilúvios com origem nos gelos polares; os foguetões libertarão suficiente hidrogénio para neutralizar a fina camada de ozono que, a 20 km de altitude, nos protege dos UV altamente energéticos, mortais para todo o ser vivo.

O. Duvigneaud, "La Synthese Écologique", Doin, Paris, 1974



O Dióxido de Carbono na Atmosfera

Os Estados Unidos, a República Soviética e a China estão a lançar mais CO₂ para a atmosfera do que qualquer outra nação. Estes são os resultados de uma análise promovida por um grupo de trabalho japonês, o qual prevê que no ano 2030 as emissões do dióxido de carbono dupliquem ou tripliquem, contribuindo também as nações mais desenvolvidas com uma quota importante.

Emissões Anuais de CO₂

(milhões de toneladas de carbono)

Ano	1986	2030	Aumento anual médio (%)
Mundo	5 575	18 184	2,7
USA	1 299	3 257	2,1
URSS	1 030	2 940	2,4
China	671	1 218	1,5
Nações desenvolvidas	1 452	5 891	3,2
Japão	260	419	1,1

Um certo optimismo parece estar presente nas previsões para o seu próprio país.

D. Swinbanks, Nature, 340, 176 (1989)