

# Controle do excesso de ar em processos de combustão

Me. Luciano Peske Ceron

**E**m muitos processos químicos, os fatores que geram falhas em filtro de mangas são originários de falta de controle térmico efetivo em fornos industriais, principalmente nos teores de oxigênio (figura 1).

A atual preocupação ecológica levou ao estabelecimento de normas ambientais rigorosas. Para otimizar a eficiência térmica das fornalhas é necessário minimizar o excesso de ar, assegurando ao mesmo tempo o cumprimento das normas ambientais. Neste artigo, mostramos a influência do excesso de ar na eficiência térmica e no nível de emissão de poluentes (CO, SOx, NOx) das fornalhas, a inter-relação existente entre estes fatores e os passos necessários para a otimização do coeficiente de excesso de ar.

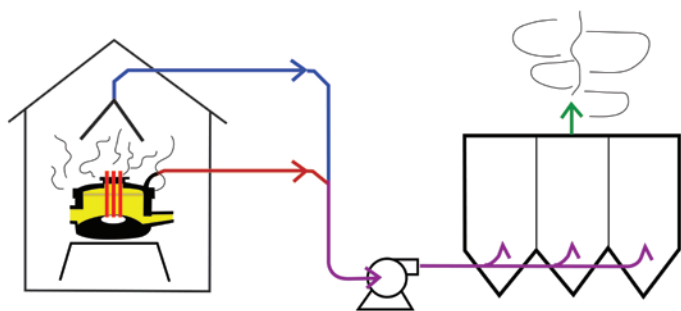


Figura 1 - Liberação de gases de forno elétrico para filtro de mangas

## Introdução

O controle da poluição por particulados e o controle do rendimento térmico de fornalhas são normalmente realizados de forma independente pelos respectivos operadores. Assim, a inter-relação entre excesso de ar, rendimento térmico e emissão de poluentes, é mal compreendida e não é otimizada. O excesso de ar influencia tanto a eficiência térmica quanto o nível de emissão de poluentes (COx, SOx, NOx) das fornalhas (figura 2).

## Excesso de ar

Para realizar a combustão é necessária uma quantidade de ar estequiométrica, chamada ar teórico. Entretanto, para assegurar a combustão completa é necessário um “excesso de ar” de modo a manter um teor suficiente de oxigênio até o final da chama, para

Fotos: Divulgação Renner

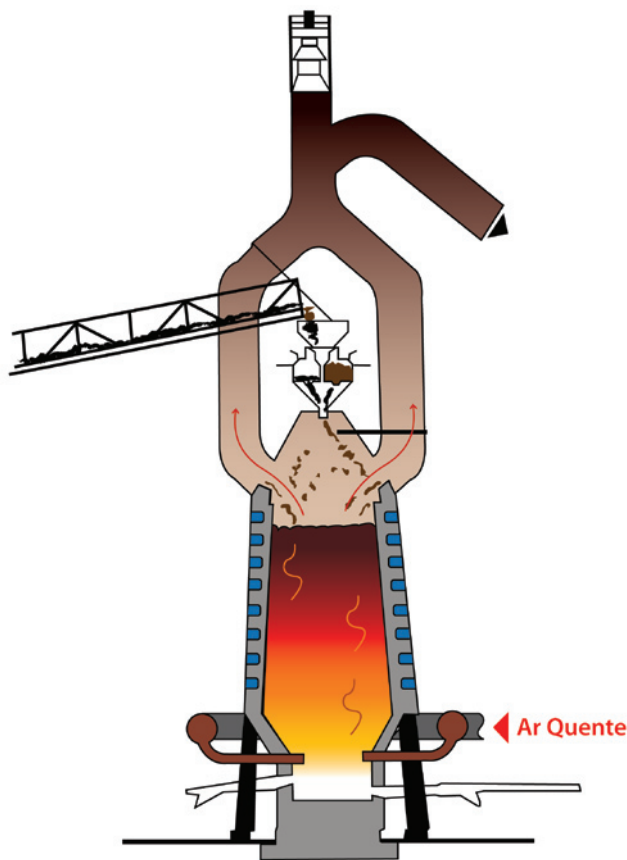


Figura 2 – Entrada de ar quente em alto forno

superar as deficiências de mistura do queimador. Os valores referentes ao excesso de ar, conforme o combustível e fornalha, são mostrados na tabela 1.

O coeficiente de excesso de ar ( $\alpha$ ) é um modo de se expressar a relação ar/combustível, e é a razão entre a quantidade total de ar utilizada na combustão ( $V_{ar}$ ) (kg/kg comb ou m<sup>3</sup>/kg comb) e a quantidade de ar estequiométrica ( $V_{ar}^o$ ):

$$\alpha = V_{ar} / V_{ar}^o \text{ (adm)} \quad (1)$$

O valor de  $\alpha$  pode ser calculado a partir da análise da composição volumétrica (%) dos produtos da combustão:

$$\alpha = \% CO_2 \text{ estequiométrico} / \% CO_2 \quad (2)$$

$$\alpha = 20,9 / [20,9 - (\% O_2 - \% CO_2)] \quad (3)$$

O excesso de ar é fator determinante da eficiência da combustão, pois controla o volume, temperatura



iteb - indústria técnica de borracha Ltda

**ISO 9001:2000**

Tel: 11 4346 9233 | Fax: 11 4347 8410

E-mail: iteb@iteb.com.br

Combustível	Tipo de Fornalha ou Queimador	$\alpha$
Carvão Pulverizado	Aquatubular completa	1,15 - 1,20
	Aquatubular parcial fundo seco	1,15 - 1,40
Carvão Britado	Fornalha Ciclone	1,10 - 1,15
Carvão	Grelha fixa	1,30 - 1,60
	Grelha vibratória	1,30 - 1,60
	Grelha rotativa	1,15 - 1,50
	Grelha fixa alimentação por baixo	1,20 - 1,50
Óleo Combustível	Queimadores de óleo tipo registro	1,05 - 1,15
	Queimadores multicomcombustível	1,05 - 1,20
Resíduo Ácido	Queimadores chama plana a vapor	1,10 - 1,15
Gás Natural	Queimadores tipo registro	1,05 - 1,10
Gás Coqueria	Queimadores multicomcombustível	1,07 - 1,12
Gás Alto-forno	Queimadores de bocal intertubos	1,15 - 1,18
Madeira	Grelha	1,20 - 1,25
Bagaco	Todas as fornalhas	1,25 - 1,35
Licor Negro	Fornalhas recuperação Kraft e Soda	1,05 - 1,07

Tabela 1 – Valores usuais do coeficiente de excesso de ar ( $\alpha$ )

e entalpia dos produtos da combustão. Um grande excesso de ar é indesejável, por que diminui a temperatura da chama e aumenta as perdas de calor devido à entalpia dos gases efluentes ( $Q_2$ ), reduzindo a eficiência térmica, além de diminuir o comprimento da chama. Por outro lado, um baixo excesso de ar pode resultar em uma combustão incompleta e na formação de CO, gerar fuligem e fumaça, além de possibilitar o acúmulo de combustível não queimado, causando risco de explosão.

O valor ótimo do excesso de ar é aquele onde estas duas influências estão em equilíbrio, suficientemente baixo, para minimizar a perda de calor  $Q_2$  sem produzir combustão incompleta. Assim, o valor ótimo depende da eficiência de combustão aceitável e dos limites de poluição impostos para NOx e CO. É obtido experimentalmente pela análise dos produtos da combustão, durante o ajuste do equipamento de combustão.

$Q_2 = V_g \cdot C_{p_g} \cdot T_g - V_{ar}^o \cdot C_{p_{ar}} \cdot T_{ar}$  (kJ/kg comb) (4) onde  $V_g$  = volume ( $m^3/kg$  CNTP);  $C_{p_g}$  = calor específico e  $T_g$  = temperatura saída dos gases efluentes ( $^{\circ}C$ ).

### Eficiência da combustão

A eficiência da combustão ( $\eta_c$ ) é definida por:

$\eta_c = (Q_{disp} - Q_2 - Q_3) / Q_{disp}$  (adm) (5), onde  $Q_{disp}$  é a energia disponível para a combustão e  $Q_3$  é a perda de calor devido à combustão incompleta.

$Q_3 = 126,4 V_{gs} \cdot \%CO$  (kJ/kg comb) (6), onde  $V_{gs}$  é o volume dos produtos da combustão secos ( $m^3/kg$  CNTP).

As perdas de calor devido à formação de  $H_2$  e  $CH_4$  são normalmente insignificantes e desprezadas. Na combustão de sólidos a perda de calor, devido ao combustível não queimado, também deve ser considerada.

A eficiência máxima é obtida pela minimização de  $Q_2 + Q_3$  (figura 3). Estas perdas de energia são funções da composição e temperatura dos produtos da combustão, isto é, pelo excesso de ar na fornalha. Uma vez que as emissões são componentes dos pro-

## ARTEFATOS EM BORRACHA



### PRENSADOS ▪ TREFILADOS ▪ REVESTIMENTOS

- Anéis
- Buchas
- Gaxetas
- Retentores
- Batentes
- Tubos
- Acoplamentos

### Produzidos em:

SBR, Nitrílica, Cloroprene, EPDM, Natural, Viton, Silicone, Poliuretano, Hypalon, Butílica.

**www.iteb.com.br**

Desde 1973 fornecendo qualidade em borracha.

duto da combustão, a análise completa e a temperatura dos produtos são necessárias para determinar a eficiência da combustão e os níveis de emissão.

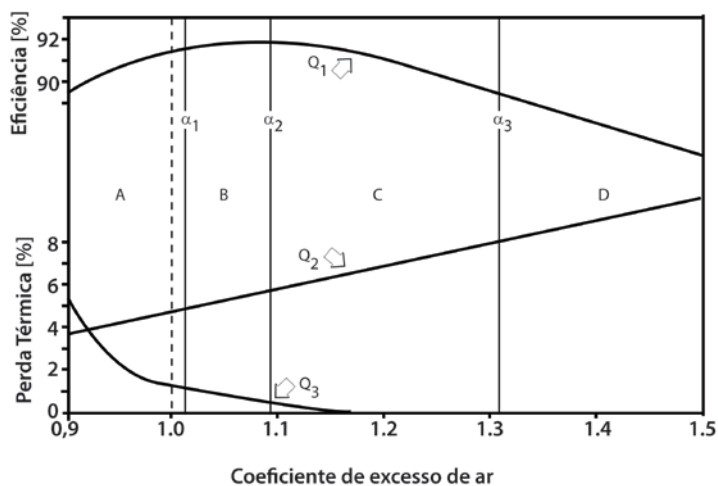


Figura 3 – Balanço térmico da combustão

Geralmente, a eficiência da combustão depende mais do método operacional do que dos queimadores e equipamentos auxiliares. De fato, a eficiência do processo de combustão está intimamente ligada à precisão de ajuste do excesso de ar de combustão.

## Influência do excesso de ar nos níveis de emissão

Cada poluente é controlado por uma determinada norma ambiental. Os limites especificados dependem de um esquema complicado em função do tipo de combustível, capacidade nominal e consumo anual.

Os limites de NOx admissíveis são apresentados para condições específicas de combustão. Muitas vezes é determinado pelas normas que o teor de O<sub>2</sub> nos produtos da combustão deve ser inferior a 3% (base seca), e que o teor de emissões de CO não deve exceder 400 ppm. Assim, a norma é que qualquer teor de NOx medido (NOx<sub>Real</sub>), seja recalculado nas condições de referência (NOx<sub>ref</sub>) (3% O<sub>2</sub> em base seca):

$$\%NOx_{ref} = \%NOx_{Real} \cdot 18 / (21 - \%O_{2Real}) \quad (7)$$

Esta equação permite converter o teor de NOx nos produtos da combustão real para as condições de referência, em uma larga faixa de valores de O<sub>2</sub>. Quanto maior o teor de O<sub>2</sub> nos produtos da combustão, mais diluídos serão os poluentes e menor o NOx medido. Os óxidos de nitrogênio (NOx) são produzidos durante a combustão a partir do nitrogênio do ar (NOx térmico) ou do nitrogênio do combustível (NOx combustível). Em uma chama de difusão turbulenta, a produção de NOx é altamente dependente da composição do combustível e da relação ar/combustível, que, para os combustíveis líquidos

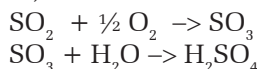
é determinada pela mistura do spray combustível e o ar de combustão.

A temperatura e o teor de O<sub>2</sub> e N<sub>2</sub> nos produtos da combustão, são os principais fatores para a formação de NOx, e são controlados pelo excesso de ar. Assim, além da influência na eficiência, determina os níveis de emissão de NOx e CO.

Pequenos excessos de ar geram altas temperaturas de chama e baixos teores de O<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>, enquanto altos valores, o contrário. O teor de NOx atinge o máximo a um excesso de ar entre 1,05 e 1,30. Diminuindo o excesso de ar, o NOx diminui rapidamente porque os teores de O<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>, potenciais formadores de NOx, diminuem. Com o aumento do excesso de ar, o teor de NOx também diminui devido à redução da temperatura da chama.

A relação típica entre o excesso de ar e a emissão de NOx e CO é apresentada na figura 4. As curvas de emissão de NOx e CO devem ser analisadas simultaneamente, pois a diminuição de um poluente pode levar ao aumento de formação de outro. Deve ser lembrado que, o teor de CO diminui rapidamente com o aumento do excesso de ar.

A diminuição das emissões de NOx é muitas vezes acompanhada de um aumento da emissão de particulados. Estas emissões de particulados consistem de fuligem (soot), que é produzida a partir dos constituintes em fase gasosa, cenosferas e coque, cuja produção é devida à natureza multicomponente do combustível, e das características de atomização. Ao minimizar a emissão de NOx pela redução do excesso de ar, existe um aumento na produção de fuligem. Esta estequiometria local, controlada pela mistura turbulenta, determina a formação de NOx e de particulados nas chamas dos combustíveis líquidos. A formação de SO<sub>2</sub> depende do teor de enxofre do combustível e o SO<sub>3</sub> é formado pela oxidação do SO<sub>2</sub>. A redução do excesso de ar diminui a quantidade de O<sub>2</sub> disponível para a oxidação do SO<sub>2</sub> em SO<sub>3</sub>, reduzindo a formação de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> nas partes frias da caldeira, conforme os mecanismos de formação:



## Influência do excesso de ar nos elementos filtrantes

Os impactos gerados pelo excesso de O<sub>2</sub> em filtro de mangas, oriundos de fornos industriais ou da entrada de ar falso no filtro, causam ataque químico nos têxteis por oxidação, nitração e sulfonação.

O excesso de oxigênio que é filtrado pode atacar o elemento filtrante por oxidação, dependendo da temperatura de filtração. Por exemplo, mangas de Ryton (polifenilsulfeto) apresentam rasgos e furos em menos de um ano de operação contínua sob 18%



em volume de oxigênio a 180°C, devido à oxidação. A geração do gás NO ocorrerá se houver a queima de combustível com temperatura do forno superior a 800°C, permitindo a reação entre o nitrogênio e oxigênio. Quando a temperatura dos gases cai para menos de 250°C ocorre a reação do NO com o oxigênio excessivo, gerando o dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), que ataca as mangas filtrantes por nitratação, principalmente nos seguintes tipos de materiais têxteis: Ryton (polifenilsulfeto), poliacrilonitrila homopolímero e poliacrilonitrila copolímero.

A queima de combustível contendo enxofre na sua composição resulta na oxidação do enxofre, formando o gás SO<sub>2</sub>, o qual reage com o oxigênio excessivo quando a temperatura cai abaixo de 300°C, formando assim o gás SO<sub>3</sub>. Devido à ação de umidade presente em sistemas de filtração, que tem afinidade reativa com o SO<sub>3</sub>, ocorre a formação de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Tanto o ácido sulfúrico formado, como o SO<sub>2</sub> seco, atacam as mangas filtrantes por sulfonação, causando rasgos e furos, principalmente nos materiais de poliéster, poliacrilonitrila homopolímero, poliacrilonitrila copolímero e poliamida aromática (Nomex).

### Excesso de ar ótimo

A dificuldade da análise e do controle do processo de combustão real é devido ao fato que o coeficiente de excesso de ar afeta a eficiência e os níveis de emissão de maneiras diferentes e antagônicas. Assim, para simplificar, o efeito do coeficiente de excesso de ar está analisado em quatro faixas (A, B, C e D). As figuras 3 e 4 representam valores típicos de eficiência e níveis de emissão.

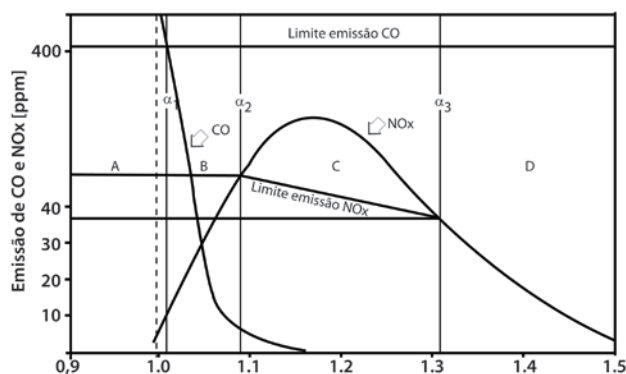


Figura 4 – Emissão de poluentes na combustão

A combustão com excesso de ar inferior a  $\alpha_1$  (faixa A) não é aceitável, porque o teor de CO nos produtos da combustão excede os limites. Com excesso de ar entre  $\alpha_1$  e  $\alpha_2$  (faixa B), tem-se uma combustão quase completa e um baixo  $\alpha$ . Esta faixa é ideal devido às baixas emissões de CO e NOx, com alta eficiência da combustão.

## Tecnologia em sistemas de filtração e controle de fluidos hidráulicos



- Elementos de filtração absoluta Beta 1.000
- Prazo de entrega máximo em 28 dias
- Sistemas de filtração, clareamento e secagem de óleo hidráulico e lubrificante
- Kits para análise de óleo



Distribuidor exclusivo

**HY-PRO**  
FILTRATION



Fone/Fax 55 11 4224 4646  
vendas@wmfsolutions.com.br  
[www.wmfsolutions.com.br](http://www.wmfsolutions.com.br)



Entretanto, para operar na faixa B é necessário ajustar os queimadores ou modificar radicalmente o processo de combustão. Na maioria das instalações de combustão, a faixa B só pode ser realizada com combustão em multiestágios, combustão sub-estequiométrica ou recirculação de gases.

Na faixa C, os níveis de emissão de NOx excedem os limites da norma e a operação só é possível com equipamentos de tratamento dos gases efluentes. A eficiência da combustão é inferior à da faixa B, mas ainda é aceitável. Na faixa D, os níveis de emissão de CO e NOx encontram-se dentro dos limites, mas a eficiência é baixa.

Pela análise da figura 4, verifica-se que a operação deve ser realizada nas faixas B ou C. Entretanto, para operar nestas faixas, muitas vezes é necessário implementar modificações no processo ou instalar equipamentos de pós-combustão dos produtos. O balanço econômico (investimento/operação) vai determinar a instalação destes equipamentos, ou mesmo determinar a operação fora da região de eficiência ótima (faixa D). Certos sistemas de combustão comportam-se de modo diferente e algumas das faixas citadas podem não existir.

## Controle do excesso do ar

O controle da combustão (razão ar/combustível) não pode ser realizado através do controle da vazão de combustível, uma vez que a energia gerada pela caldeira (vazão de vapor) depende da quantidade de combustível introduzido. Assim, a única variável que pode ser regulada é a vazão de ar de combustão. Normalmente, a vazão de ar é regulada por um sistema de controle em malha aberta, em função da vazão de combustível, acionando diretamente o damper de ar ou o controle da vazão de ar. O controle em malha aberta estabelece uma relação ar/combustível fixa, insatisfatória em muitos casos (tabela 1). Demandas

de carga variáveis e queima de combustíveis alternados, comuns nos processos industriais, modificam a relação ar/combustível ótima. A queima de misturas de combustíveis e de combustíveis com composição, temperatura, viscosidade e PCI variáveis, e temperatura do ar variável, requer reajustes frequentes, tornando impraticável este controle. Assim, para assegurar a combustão completa, mesmo nas piores condições operacionais, é necessário um grande excesso de ar (20 a 30%).

Para otimizar o excesso de ar é necessário um controle de combustão mais preciso, que pode ser obtido por um sistema de controle em malha fechada (feedback). Isto é realizado a partir da análise de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  e CO nos produtos da combustão na saída da fornalha (figura 5).

O controle do processo de ar pode ser realizado a partir da análise do teor de  $\text{CO}_2$  (equação 2). Sua desvantagem é que o set-point deve ser ajustado para cada combustível e é muito mais caro que o analisador de  $\text{O}_2$ . A não ser no caso de medidas descontínuas, manuais, realizadas por analisadores químicos.

Analisadores de  $\text{O}_2$  tem sido muito usados no controle da combustão, pois são de baixo custo, possuem tempo de resposta pequeno, pouca manutenção e medem diretamente o excesso de ar na chaminé. Sua principal desvantagem é que o set-point deve ser ajustado para cada combustível e taxa de combustão, pois o valor medido não depende unicamente da estequiometria da reação. O  $\text{O}_2$  presente nos produtos pode ser devido a utilização de queimadores inativos, portinholas abertas, infiltrações, etc. Assim, a infiltração de ar na fornalha pode inviabilizar o controle baseado na medição de  $\text{O}_2$ .

O controle baseado na medição de CO tem a vantagem do valor do set-point ser independente do tipo de combustível e da carga da caldeira. A formação do CO é devido a uma quantidade de ar insuficiente para completar a combustão. Se a combustão é completa, o nível de CO tende a zero. Uma vez que a mistura ar/combustível perfeita não é realizável, os níveis práticos de CO são para qualquer combustível ou combinação de combustíveis, a qualquer carga, entre 120 e 250 ppm (figura 6). Entretanto, o analisador deve medir até 1000 ppm para poder detectar transientes. Isto elimina a necessidade de se ajustar o valor do set-point em função das condições operacionais.

Além disso, como o teor de CO nos gases é pequeno em ppm, infiltrações ou registros mal regulados não interferem nos valores medidos, uma vez que a diluição é pequena. Outra vantagem é que o CO é um produto intermediário da combustão, tendo assim uma relação direta com o desenvolvimento da reação de combustão no fim da chama e emissão de particulados.

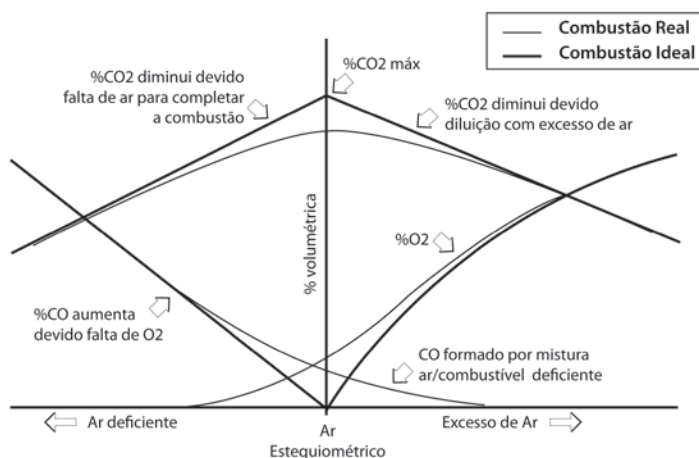


Figura 5 – Produtos da combustão.



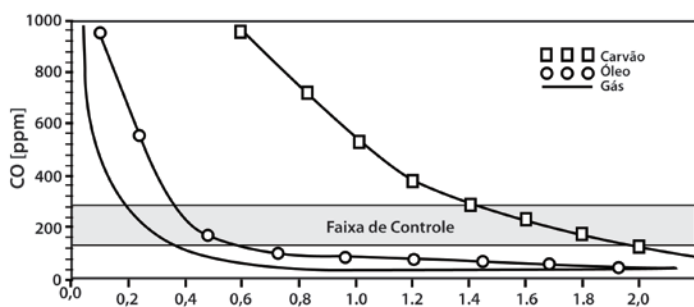


Figura 6 – Emissão de CO em caldeiras industriais típicas.

Entretanto, o teor de CO também não tem uma relação unívoca com o excesso de ar. Com queimadores em boas condições, as caldeiras a óleo começam a fumar entre 600 e 800 ppm. Queimadores sujos podem causar fumaça abaixo de 300 ppm. As caldeiras a gás podem exceder 2000 ppm antes da fumaça tornar-se perceptível. Com queimadores sujos ou uma mistura deficiente, o controle baseado no CO leva a um aumento de excesso de ar e uma diminuição da eficiência da combustão.

O medidor de CO pode ser utilizado para controlar o excesso de ar, mas é limitado à operação em regime permanente, pois pequenas variações de carga podem causar grandes variações do valor medido. O controlador de CO deve ser desligado durante mudanças de carga e operações a baixa carga. Um controle mais eficaz é obtido usando o medidor de CO como ajuste fino do *set-point* do controlador de  $O_2$ . No caso de combustão de gases, onde a composição pode variar bastante, o esquema de feedback apresentado pode ser prejudicado pelo tempo morto entre a mudança na composição e a detecção da mudança resultante nos produtos da combustão. Durante o tempo morto, o excesso de ar não é ajustado, reduzindo a eficiência da combustão. Neste caso um controle feedforward é necessário, para produzir um ajuste da razão ar/combustível, antes que o efeito das perturbações na composição sejam sentidos na combustão. Os controles feedback e feedforward são então combinados na configuração de controle em cascata, para obter a melhor característica de ambos.

### Custos do controle

Os investimentos de capital nos equipamentos de controle de poluição do ar aumentam à medida que as leis se tornam mais rígidas. Nos Estados Unidos, por exemplo, os custos do controle do  $NO_x$  e CO aumentaram 45% entre 2005 e 2008. Assim, é necessário encontrar meios criativos para controlar os custos e atingir a qualidade de ar requerida.

As normas de controle do ar da “Environmental Protection Agency - EPA”, estabelecem cotas de emissões para termoeletricas (tipicamente 1 ton/ano). As insta-



### Soluções em Filtração Industrial

Filtros para a Indústria Química, Petroquímica, Siderúrgica, Bebidas, Alimentícia, Automobilística, Tratamento de Gases e outras.

#### Vasos de pressão



#### Filtros Hidráulicos



#### Filtros duplos



#### Filtros Coalescentes



[www.apexfil.com.br](http://www.apexfil.com.br)

Tel.: 55 (11) 2954-7055

fax: 55 (11) 2954-2532

Rua Curuçá, 101 - Vila Maria - São Paulo - SP

lações que emitirem abaixo da cota podem negociar este excesso com outras instalações. Acredita-se que esta nova regulamentação pode reduzir o custo do controle do  $\text{SO}_2$  em mais de 25%.

O custo é um dos mais importantes critérios na escolha do dispositivo e técnica de controle. Para se reduzir a emissão de  $\text{NO}_x$  podem ser utilizados os seguintes métodos: filtragem, precipitação eletrostática, lavagem dos gases, redução química, e controle e modificação na combustão (combustão em multiestágios, recirculação de gases e operação com baixo excesso de ar).

A redução do excesso de ar possui um efeito sobre a emissão de  $\text{NO}_x$ , mas abaixo de certo limite (0,5%), a emissão de particulados aumenta consideravelmente. Felizmente, a formação de  $\text{SO}_x$  e  $\text{NO}_x$  produzida nestas condições já atingiu o mínimo, por razões termodinâmicas e de cinética química.

A combustão em multiestágios é a técnica mais efetiva para o controle de  $\text{NO}_x$  térmico, uma vez que a sua formação depende principalmente da estequiometria local e não da temperatura da chama. A combustão em multiestágios pode ser obtida dividindo a câmara de combustão em várias zonas, ou com um queimador de mistura rica localizada. Os queimadores de baixo  $\text{NO}_x$  controlam a relação ar/combustível inicial, criando uma chama rica que retarda a formação de  $\text{NO}_x$ , diminuindo a sua emissão em mais de 50%. Injeções de ar secundário são necessárias para completar a combustão.

A adição de água ou recirculação dos gases também reduzem a formação de  $\text{NO}_x$  térmico, devido a redução da temperatura, mas influenciam pouco na emissão de  $\text{NO}_x$  combustível. Somente a combustão em multiestágios tem influência sobre a formação do  $\text{NO}_x$  combustível, pois a formação do  $\text{NO}_x$  combustível não é dependente da temperatura da chama. A redução do preaquecimento de ar e a recirculação de gases têm influência somente no  $\text{NO}_x$  térmico.

A combustão catalítica de hidrocarbonetos pode minimizar a formação de  $\text{NO}_x$ . Sistemas catalíticos em desenvolvimento atualmente são capazes de reduzir a temperatura da chama de  $1800^\circ\text{C}$  para  $1300^\circ\text{C}$ , o que permitirá levar a emissão de  $\text{NO}_x$  de 200 ppm para menos de 1 ppm. Otimizando o queimador e a câmara de combustão, as caldeiras atuais podem atingir rendimentos de 99,8%, com uma emissão de  $\text{NO}_x$  e  $\text{CO}$  em cerca de 40 ppm.

Conciliar o aumento dos custos de combustíveis com as normas ambientais é um trabalho de engenharia delicado. O preaquecimento do ar de combustão para aumentar a eficiência, dificulta a obtenção de baixos níveis de emissão de  $\text{NO}_x$  (figura 7). Aumentando-se as superfícies de transferência de calor e a velocidade dos gases, num novo

projeto de fornalha, pode resolver este problema. Os ganhos de eficiência viabilizam a instalação de queimadores com tecnologia de baixo  $\text{NO}_x$ .

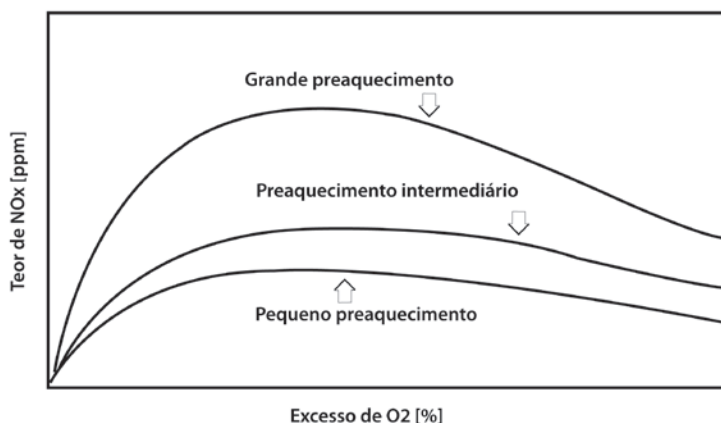


Figura 7 – ppm de  $\text{NO}_x$  gerado pelo % de oxigênio.

## Conclusões

Novas tecnologias de transferência de calor podem aumentar a eficiência e reduzir as emissões. A maioria dos equipamentos em uso possuem projetos de mais de 30 anos. Estas construções são antiquadas e não se adaptam às necessidades dos processos atuais.

O excesso de ar influencia tanto a eficiência térmica quanto o nível de emissão de poluentes ( $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$ ) das fornalhas. O seu controle precisa otimizar a eficiência térmica das fornalhas, assegurando ao mesmo tempo uma diminuição do nível de emissão de poluentes e o cumprimento das normas ambientais.

Em muitos casos, o controle do excesso de ar é a solução de melhor custo/benefício para a redução da emissão de poluentes e deve ser analisada prioritariamente em relação aos custos com elementos filtrantes.

O desenvolvimento tecnológico trouxe uma diminuição dos custos dos sensores de  $\text{O}_2$  e  $\text{CO}$  e dos controladores, tornando o seu emprego viável economicamente, mesmo em pequenas instalações de combustão. **RMF**



### Me. Luciano Peske Ceron

Engenheiro Químico, com especialização em Gestão Empresarial e Gestão Ambiental, mestrado em Engenharia de Materiais (não-tecidos), doutorando em Engenharia de Materiais (PUCRS). É responsável pela Engenharia da Renner Têxtil Ltda., atividade que integra as funções de engenharia de aplicação e assistência técnica.

Luciano@rennertextil.com.br

Skype: Luciano.rennertextil

www.rennertextil.com.br