

INJEÇÃO DE GAS NATURAL

EM

ALTO FORNO

AUTORES: Darcio de Paula Sarchis

Jorge Luiz G. Pereira

Sebastião Jorge X. Noblat

Arnaldo Mendes Botteon

Volta Redonda, 15 de setembro de 1993.

## 1. INTRODUÇÃO

Os crescentes aumentos no custo dos derivados de petróleo têm obrigado os países dependentes dessa fonte de energia a limitar seu consumo a níveis economicamente toleráveis.

Como consequência, várias outras formas alternativas de energia vêm sendo pesquisadas, buscando, para cada processo industrial, aquela que melhor se adapte.

A seleção de outras fontes de energia, evidentemente, deve estar condicionada à sua disponibilidade, a custo relativamente baixo.

Dentre os diversos setores industriais, o ramo siderúrgico é, sem dúvida, um dos mais sensíveis às variações de custo energético; e nele o principal consumidor de energia é o alto forno, na forma de coque, principalmente.

Durante as décadas de 60 e 70, antes da eclosão da crise energética, o parque siderúrgico fez uso indiscriminado do óleo combustível como forma de reduzir o consumo de coque, pois na época, tanto o preço quanto a taxa de substituição óleo x coque contribuíram significativamente para a redução do custo final do aço. Com o advento da crise, tal substituição tornou-se gradativamente anti-econômica, a ponto de se optar pela operação "all-coke" nos altos fornos, buscando-se a redução do custo energético através de outros meios, mais precisamente por novos critérios operacionais e instalações de equipamentos mais complexos visando mais versatilidade no processo.

O Brasil, como os demais países dependentes do petróleo, adotou com sucesso toda esta política operacional em suas Siderúrgicas Integradas, obtendo índices bastante expressivos, gerando uma grande economia ao país neste período.

Atualmente com a recente descoberta de importante quantidade de gás natural na plataforma marítima de Campos, uma nova opção energética se apresenta ao parque industrial brasileiro, principalmente ao siderúrgico, uma vez que o mesmo se encontra concentrado na região Sudeste, coincidentemente com a da nova fonte energética.

Esta nova possibilidade traz, na siderurgia, para os operadores de altos fornos, um certo alívio, pois as soluções a serem empregadas em operação "all-coke" para redução no consumo energético, têm se tornado cada vez mais difícil e cara. O preço do petróleo arrasta consigo os preços das demais energias e por conseguinte dos produtos beneficiados e manufaturados. Sobem, dia a dia, os preços das matérias primas e dos equipamentos. Assim, a opção de uso do gás natural como combustível auxiliar, injetado através das ventaneiras dos fornos brasileiros, deve ser considerada agora como uma das soluções mais viáveis para reduzirmos tanto o custo do aço, quanto a dependência externa no que se refere a energia.

## 2.0 que é Gás Natural ?

Essencialmente, o gás natural é uma mistura de hidrocarbonetos gasosos. De origem semelhante à do carvão e à do petróleo, é o resultado de uma longa decomposição de matéria vegetal e animal, em meio carente de oxigênio, sob condições extremas de pressão e temperatura. Frequentemente sua ocorrência se dá em associação com o petróleo, embora possa ser encontrado em depósitos onde este esteja ausente.

Além da predominância de hidrocarbonetos leves como o metano ( $\text{CH}_4$ ) e o etano ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), o gás natural também contém compostos de cadeia maior, condensáveis, tais como o propano e o butano, bem como dióxido de carbono, nitrogênio, etc.

A análise típica do gás natural da Bacia de Campos é:

Metano ( $\text{CH}_4$ )	-	79,00%
Etano ( $\text{C}_2\text{H}_6$ )	-	11,50%
Propano ( $\text{C}_3\text{H}_8$ )	-	5,50%
Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ )	-	0,50%
Nitrogênio ( $\text{N}_2$ )	-	0,80%
Outros	-	2,70%

Após o processamento, o gás natural fornecido à CSN tem a seguinte análise típica:

Metano ( $\text{CH}_4$ )	-	89,90%
Etano ( $\text{C}_2\text{H}_6$ )	-	8,50%
Propano ( $\text{C}_3\text{H}_8$ )	-	0,50%
Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ )	-	0,40%
Nitrogênio ( $\text{N}_2$ )	-	0,70%

Face a sua composição básica (metano e etano) associada a quantidades geralmente pequenas de gases inertes ( $\text{CO}_2$  e  $\text{N}_2$ ), o gás natural é um combustível de elevado poder calorífico.

**NOTA:** teores de C e H são respectivamente :

C = 74,5%

H=24,3%

Dependendo da composição, o poder calorífico pode variar de 7200 a 11.200 kcal/Nm<sup>3</sup>. Além do poder calorífico, o gás natural apresenta a vantagem de ser pouco poluente. É mais leve que o ar, com uma densidade de aproximadamente 0,65 à pressão atmosférica. O gás natural se liquefaz a -162°C.

Como combustível, o gás natural pode ser empregado em queimadores de baixa pressão (caldeiras, fornos, etc), nos motores a pistão (otto-diesel) e nas turbinas a gás. Pode substituir instantaneamente outros combustíveis em qualquer aplicação, sem paralização dos equipamentos e perda de rendimento.

Na indústria Siderúrgica, o gás natural, além de ser empregado como combustível, é também utilizado na redução direta do minério de ferro e na substituição do coque em altos fornos.

### 3.0 Gás Natural no Alto Forno

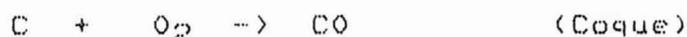
O gás natural é usado no alto forno como substituto do coque em dois casos :

a) Quando o custo específico do coque é maior que o custo específico do gás natural, e isto depende tanto do preço de cada um, quanto da taxa de substituição do gás pelo coque;

b) Quando se deseja elevar a produtividade do AF, sem afetar a "marcha" do mesmo, fazendo-se uso da operação conhecida como "sopro combinado" em que o ar é soprado e enriquecido com  $O_2$ , responsável pelo aumento da produtividade. Neste caso, as condições de mercado do aço pode determinar o uso ou não do gás, substituindo parte do coque.

Em ambos os casos, o gás natural só pode substituir parte do coque, uma vez que atua somente como combustível e redutor, ficando impossível substituí-lo na sustentação e na permeabilidade da carga, funções estas inerentes somente ao coque.

Ao ser injetado na região das ventaneiras, o gás natural, constituído de cerca de 80% a 89% de metano, se decompõe e reage com  $O_2$  do ar, produzindo um gás redutor constituído de  $CO$  e  $H_2$ , em volume correspondente a 3 vezes o volume gerado pela gaseificação do coque, conforme mostram as reações que seguem:



A decomposição do gás natural na região das ventaneiras e a geração de um maior volume de gás redutor, representam vantagens importantes para o operador do alto forno, pois a primeira reduzindo a temperatura adiabática da chama em frente à ventaneira, permite o enriquecimento do sopro com  $O_2$ , que por sua vez tende a subí-la, mantendo-a em uma faixa compatível com as demais variáveis operacionais.

Assim, quanto maior a produtividade requerida, maior será a taxa de  $O_2$  necessária e maior a taxa de gás natural para compensar o aumento da temperatura de chama. Outra vantagem resulta de que um maior volume de gás redutor, principalmente constituído de  $H_2$ , permite um aumento nas reações de redução indiretas (exotérmicas) na cuba, com conseqüente diminuição de necessidades térmicas nas zonas inferiores do forno, onde ocorrem as reações de redução direta (endotérmicas), o que contribui para redução do consumo de combustível no processo.

Evidentemente, existem limites técnicos para utilização do gás natural, acima dos quais sua utilização se torna onerosa e/ou inviável. Como exemplos, citamos:

- a) A redução do coke-rate tende a reduzir a permeabilidade da carga, causando marcha irregular. Desta forma, um valor mínimo de coke-rate deve ser estabelecido;
- b) Existe uma relação estequiométrica entre Gás/ $O_2$  que deve ser mantida dentro de uma faixa, sob pena de causar graves problemas operacionais, além de onerar o processo;
- c) As capacidades dos equipamentos de injeção de gás e enriquecimento do sopro limitam as taxas a valores compatíveis com a segurança operacional.

#### 4.A utilização do Gás Natural nos Altos Fornos da CSN

##### 4.1 Utilização no Alto Forno No.3

Podemos dividir a utilização do gás natural no Alto Forno No.3 em duas fases, separadas por um período de graves problemas operacionais que nada tiveram haver com o uso do gás natural. Neste período, entre os anos de 1989 (explosão do Regenerador No.1 em maio/89) e 1991; além do acidente com o regenerador que suspendeu a operação com gás natural e  $O_2$ , ocorreram diversas paralizações dos Altos Fornos devido as frequentes greves.

Na 1ª Fase, de 1986 a 1989, utilizou-se o gás natural como substituto do coque, na ocasião mais caro que o gás. Esta fase foi importante para o aperfeiçoamento e domínio dos equipamentos e da técnica.

Caracterizou-se como uma fase de baixa produtividade, porém com uma sensível redução do coke-rate. Durante este período, a CSN usou seu próprio corpo técnico na aplicação e desenvolvimento da técnica, evidentemente utilizando-se de experiências de outros países, mais precisamente dos EUA, Canadá e URSS.

Na 2ª Fase, a partir de 1991, com a necessidade de recuperação técnico-financeira da CSN após um período conturbado, e a aplicação de metodologias para aumento de produtividade, principalmente com a adoção do TQC e suas técnicas (Shake-Down, MSP, etc), vários projetos foram implementados e, entre estes, a elevação da produtividade dos Altos Fornos foi um dos mais importantes. Para tanto, o uso do Gás Natural em regime de "sopro combinado" (com enriquecimento do ar com  $O_2$ ) foi uma das condições necessárias. Os gráficos anexos apresentam a evolução do uso do Gás Natural no Alto Forno N°3 desde seu primeiro Blow-in em 1985.

#### 4.2 Utilização no Alto Forno No. 2

Com a experiência adquirida no Alto Forno no. 3, a operação de "sopro combinado" foi implementado com sucesso no AF no. 2 logo após seu blow in da campanha atual (em fev/91). Os resultados foram muito bons, garantindo uma produtividade comparada aos melhores altos fornos do mundo, principalmente porque, simultaneamente ao aumento de produtividade, o consumo de combustível também foi reduzido drasticamente, conforme pode ser visto nos gráficos anexos.

#### 5. Conclusões:

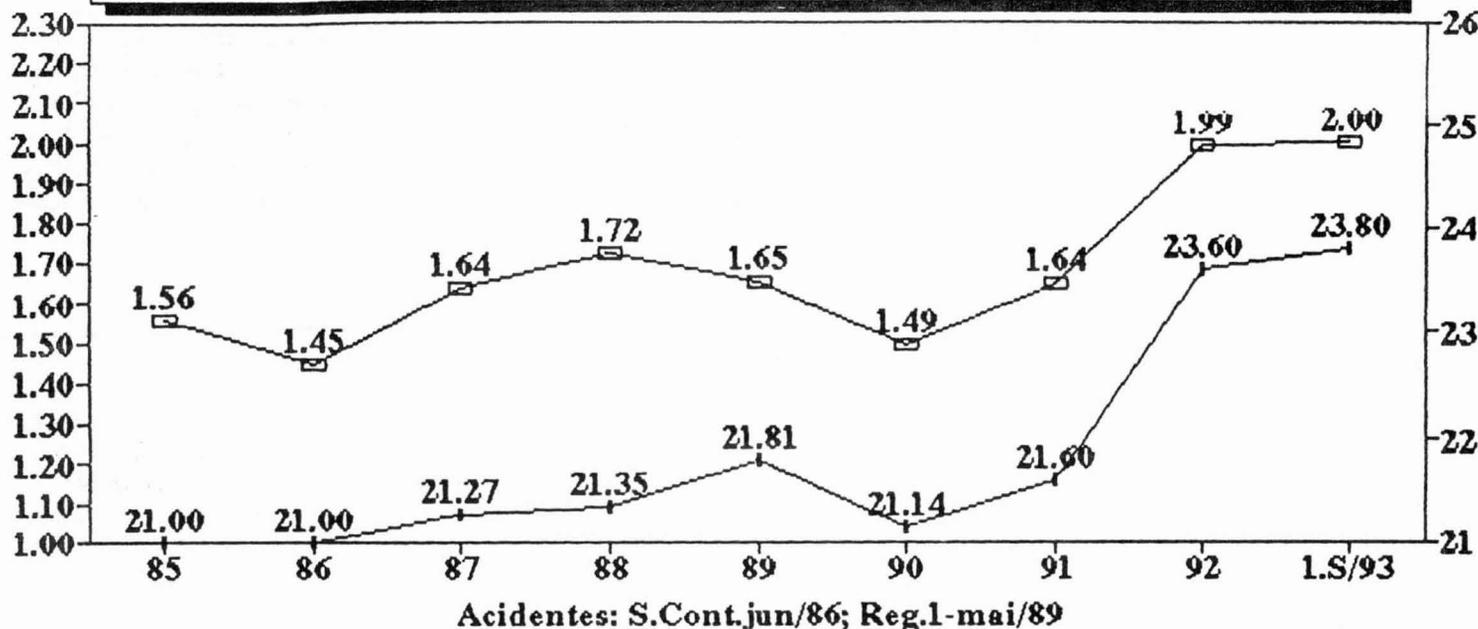
Pelo que foi apresentado, o uso do gás natural nos altos fornos da CSN tem se mostrado uma boa opção como substituto parcial do coque, ajudando na redução do custo específico do gusa, conforme gráfico anexo.

Porem é importante manter-se um controle real preciso, para detetar as eventuais variações de preço do coque no mercado internacional, bem como manter atualizado o valor da taxa de substituição gás/coque, para assim estar pronto para optar em aumentar ou reduzir o uso do gás no processo.

Alem disto, deve-se estar atualizado no que se refere a utilização de outras tecnologias, que podem trazer tanto ou mais economia quanto a gás natural, dependendo de diversos fatores, entre os quais o custo de cada fonte de energia, o mercado de aço, etc.

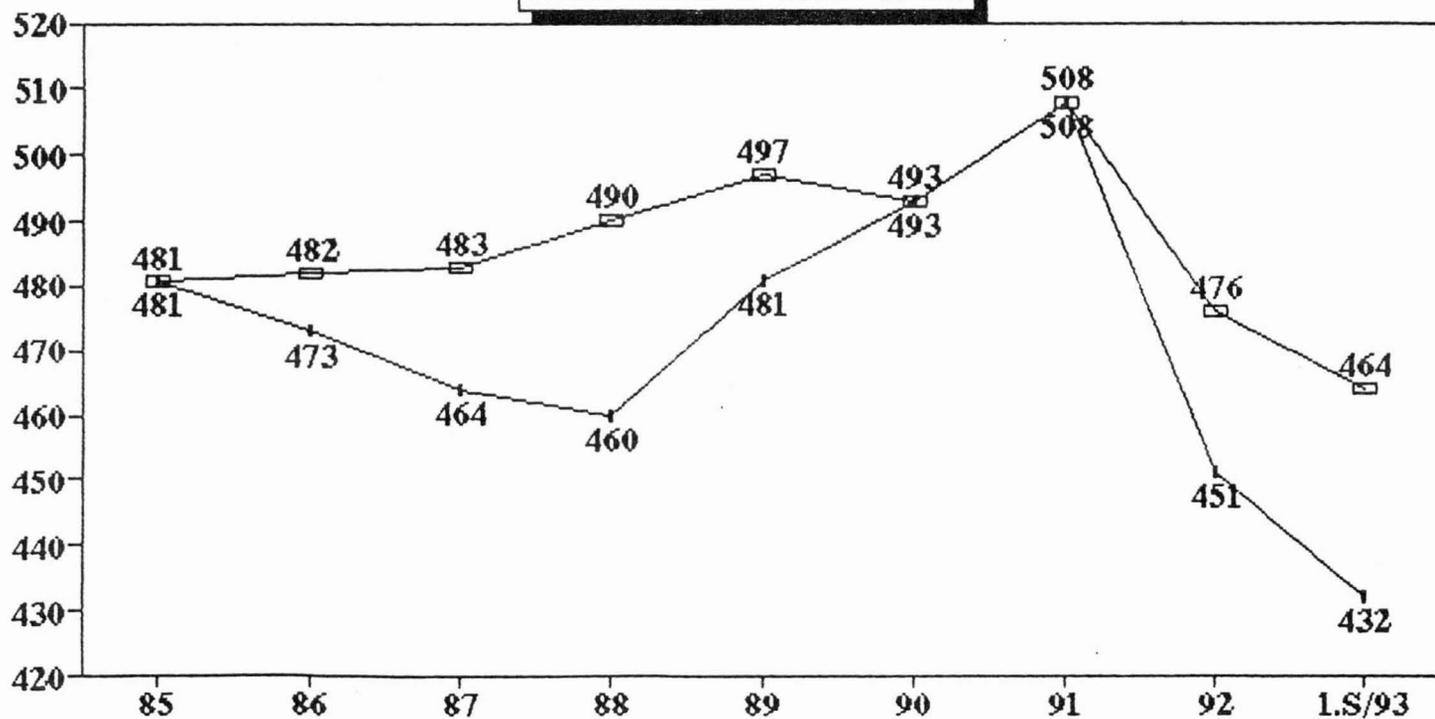
# EVOLUCAO DO USO DE GAS NATURAL AF-3

## PRODUTIVIDADE E ENRIQUECIMENTO/SOPRO



—□— PRODUTIVIDADE —+— % O2 SOPRO

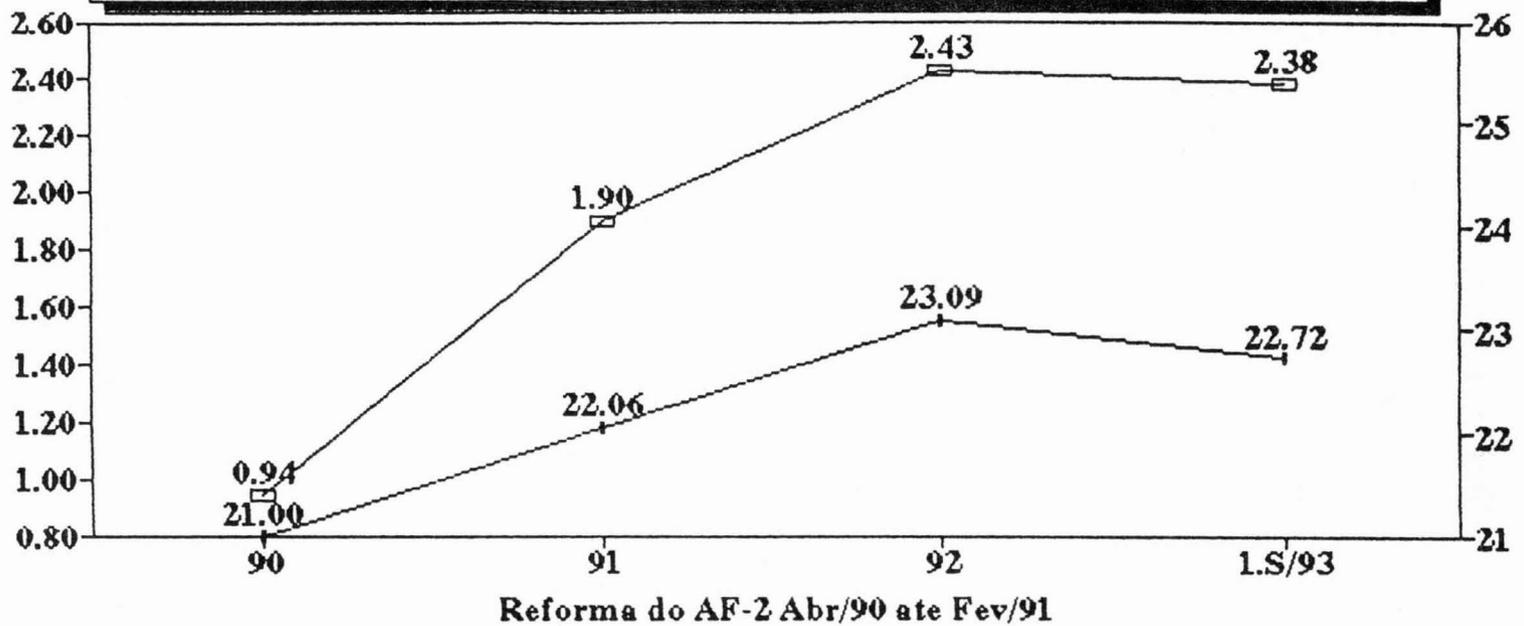
## FUEL RATE E COKE RATE



—□— F. RATE —+— C. RATE

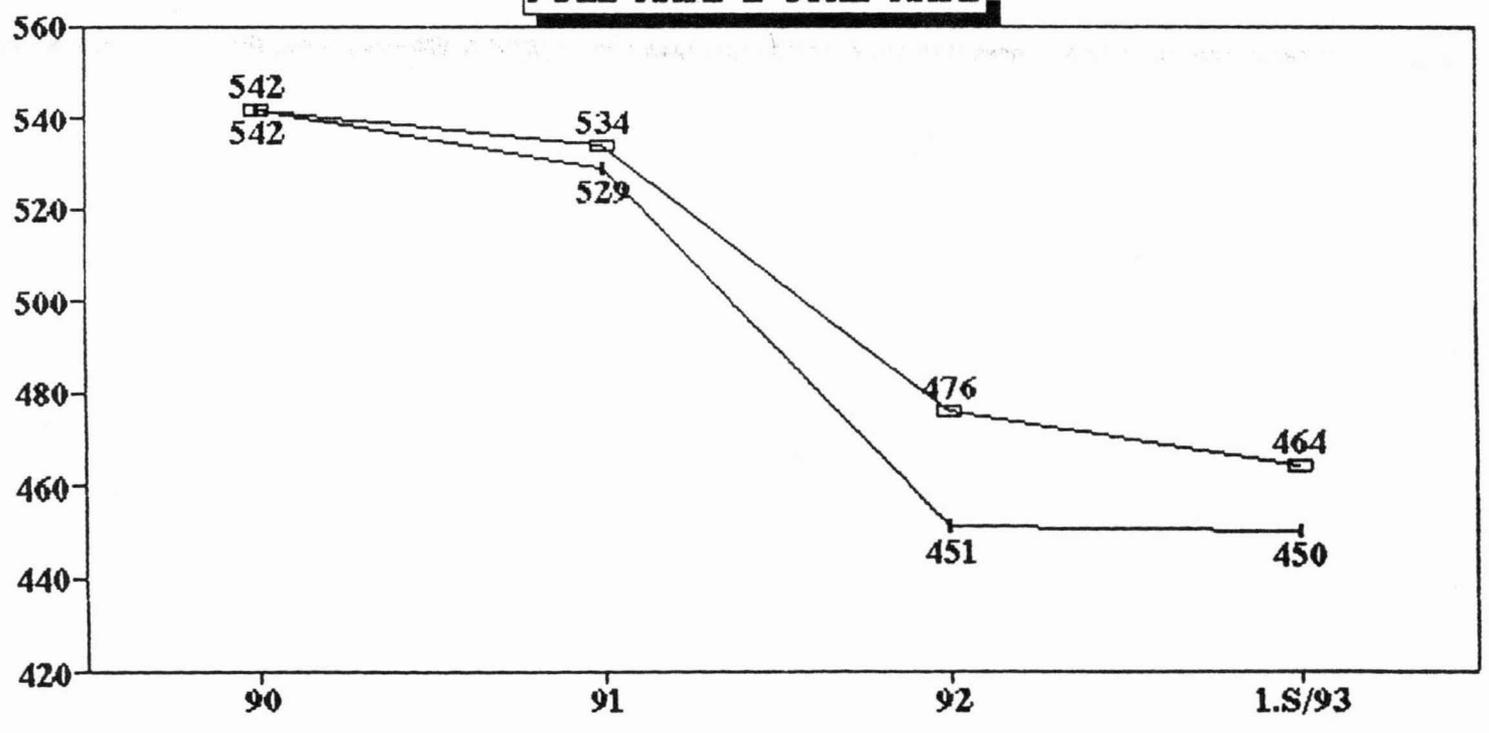
# EVOLUCAO DO USO DE GAS NATURAL AF-2

## PRODUTIVIDADE E ENRIQUECIMENTO/SOPRO



□ PRODUTIVIDADE   
 ▲ % O2 SOPRO

### FUEL RATE E COKE RATE



□ F. RATE   
 ▲ C. RATE

# EVOLUCAO DO CUSTO DO GUSA NA CSN

