

# DESENVOLVIMENTO DE UM MÉTODO AUXILIAR PARA OTIMIZAÇÃO DA RECUPERAÇÃO DE ENERGIA NO PROCESSO DOS FORNOS DAS USINAS DE PELOTIZAÇÃO DA CVRD<sup>(1)</sup>

*Urano Vieira de Medeiros<sup>(2)</sup>  
Aristóteles Alves Lyrio<sup>(3)</sup>  
Rogério Silveira de Queiroz<sup>(4)</sup>  
Marcelo Guilherme Guida Mazza<sup>(5)</sup>*

## RESUMO

O processo de aglomeração de minério de ferro denominado Pelotização, utilizado no Complexo Industrial de Pelotização da Cia Vale do Rio Doce em Ponta de Tubarão, Vitória ES-Brasil, tem como característica básica em todas as 7 (sete) usinas, a utilização de fornos com grelha móvel que alcançam temperaturas na ordem de 1350<sup>0</sup> C, onde se dá o endurecimento da pelota e são alcançadas as características físicas e metalúrgicas finais do produto. Com base em dados experimentais medidos na zona do forno onde ocorre um resfriamento com ar, efetua-se a calibração e validação do modelo representativo desta região, assim como a estimativa do coeficiente global de troca de calor “h”. Este modelo tem sua solução fundamentada na formulação matemática de “volumes finitos”, apresentando como resultados os perfis de temperaturas do sólido (pelotas) e da fase gasosa (ar), permitindo assim auxiliar na avaliação das possibilidades de otimização da recuperação da energia térmica que é descartada ao ambiente, pela simulação de novas condições de processo e operação. Este trabalho foi desenvolvido dentro da realidade das instalações do forno da usina Nibrasco V, em suas condições normais, produzindo pelotas do tipo AF08 (Alto forno).

Palavras-chave  
energia – pelotização – otimização

- (1) XXV Seminário de Balanços Energéticos Globais – 25 a 27 de Agosto de 2004 – Florianópolis-SC-Brasil
- (2) Consultor Técnico – MSc Engenharia Mecânica - URANOM – Serviços Técnicos
- (3) Consultor Técnico – Dr Engenharia Mecânica -
- (4) MSc Engenharia Mecânica – Professor do Centro Tecnológico da UFES
- (5) Dr Engenharia Química – Professor da Escola de Engenharia Química da FACHA

## 1 – INTRODUÇÃO

Considerando que o processo de Pelotização é intensivo no uso de energia, notadamente energia térmica, o objetivo deste trabalho está voltado para o desenvolvimento de um método capaz de auxiliar os estudos de otimização da recuperação da energia térmica decorrente de todas as formas atuais de resfriamento das pelotas.

Trata-se de estudo pioneiro em termos de sua metodologia e aplicação, visando atingir três focos de grande importância para as usinas de pelotização da CVRD:

- A partir dos dados experimentais medidos na zona de resfriamento do forno, calibrar o modelo utilizado e determinar o coeficiente global de troca de calor;
- Co-geração de energia térmica de forma otimizada, com reflexos na produtividade ;
- A possibilidade de resfriamento das Pelotas externamente ao forno, com fluxo de ar controlado, lavando a seco as mesmas, com a retirada do material particulado, que atualmente se constitui nas emissões fugitivas das pilhas de pelotas estocadas nos pátios.

## 2 – O FORNO DE GRELHA MÓVEL “LURGI-DRAVO” DAS USINAS DA CVRD

A característica comum que todas as plantas de Pelotização do Complexo Industrial da Cia Vale do Rio Doce em Ponta de Tubarão guardam entre si é quanto ao forno de endurecimento das pelotas, que segue o projeto básico LURGI-DRAVO com grelha móvel, que possui conforme a descrição de K. MEYER [1980]. Destaca-se

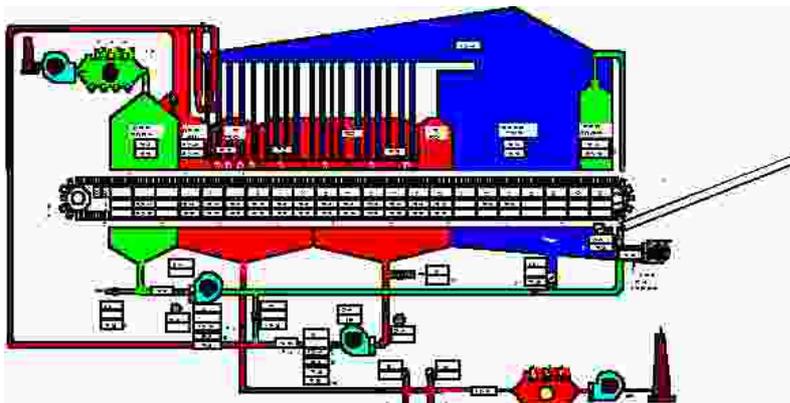


Figura 2.1-1 – Diagrama esquemático do Forno

ainda que neste projeto o forno é constituído por um corpo contínuo fechado, tendo em seu comprimento longitudinal a distribuição das várias fases do processo de endurecimento das pelotas. Baterias de queimadores estão instalados em ambos os lados do forno para fornecimento da carga térmica necessária ao



Figura.2.1-2 –Carro de grelha



Figura.2.1-3 –Entrando no forno

endurecimento das pelotas. Uma cinta contínua formada pelos carros de grelha é responsável por transportar a produção de pelotas para o interior do forno. Um conjunto integrado de ventiladores radiais e axiais é responsável pela movimentação dos gases de aquecimento e resfriamento. Em todas as fases do forno (secagem, pré-queima, queima, pós-queima, e resfriamento das pelotas) os processos de troca de energia térmica ocorrem por meio de escoamentos dos gases em fluxos cruzados ao leito deslizante constituído pelas pelotas.

Para melhor visualização da geometria dos carros de grelha se pode observar as Figuras 2.1-2 e 2.1-3.

O processo de endurecimento das Pelotas, que é intensivo no uso de energia, com destaque especial para energia térmica, tem como suas fontes básicas: Óleo Combustível de Petróleo, Carvão Mineral (Antracito), Gás Natural de Petróleo.

Ao final do processo de endurecimento, parte da energia térmica que foi transferida ao leito de Pelotas fica retida nas Pelotas e é recuperado na fase de resfriamento. Outra parte não retida nas pelotas, mas incorporada nos gases oriundos do processo de combustão e ar de aquecimento, é lançada diretamente na atmosfera, após receber o adequado tratamento ambiental em filtros eletrostáticos.

Para o resfriamento das pelotas, o ar à temperatura ambiente é introduzido em duas seções distintas ao final do forno: resfriamento primário e resfriamento secundário. O ar recuperado do resfriamento primário atinge temperaturas na ordem de  $850^{\circ}\text{C}$ , e o do resfriamento secundário na ordem de  $300$  a  $350^{\circ}\text{C}$ . O ar recuperado do resfriamento secundário é direcionado à fase de secagem da Pelota crua alimentada ao forno e a parte do ar recuperado do resfriamento primário é direcionada para as fases de pré-queima e queima para receber a carga térmica decorrente da combustão do combustível e realizar novo ciclo.

Ao fim da fase de resfriamento, o produto ainda com razoável carga de energia térmica é descarregado e o restante do processo de resfriamento se dá pela transferência da energia térmica diretamente para a atmosfera.

## 2.2 – O RESFRIAMENTO DO LEITO DE PELOTAS

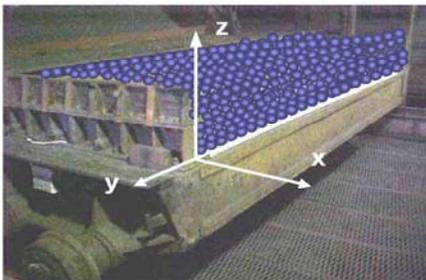


Figura 2.2-1 – Volume de controle

A região de resfriamento das pelotas é o sistema formado pelos: carros de grelha, a carga sobre os mesmos formando o leito poroso e os fluxos ascendentes de ar.

Assume-se como sistema de referência espacial os eixos de coordenadas cartesianas de forma coerente com as características geométricas do carro de grelha. Considera-se a carga formada pelo leito de pelotas como sendo o volume de controle em análise. Ver figura 2.2.1.

Considerando o sistema constituído por duas fases: fase fluída o ar que cruza o leito e fase sólida o leito de pelotas, então no volume de controle pode-se definir:

- Ocorrem variações nas temperaturas do ar e pelotas nas direções "x" e "z";
- Não ocorrem variações importantes nas temperaturas do ar e das pelotas na direção "y", o campo de temperaturas é considerado bi-dimensional (2-D).

Com o objetivo de reduzir a complexidade e o grau de dificuldade da formulação das equações que definem a troca térmica algumas simplificações foram adotadas:

- Convecção na superfície do sólido é o mecanismo principal de troca térmica;
- A perda de calor através das paredes do sistema é desprezível;
- Leito de pelotas com propriedades homogêneas;
- Regime permanente para as transferências de calor.

### 2.3.1. O MODELO MATEMÁTICO

A referência básica da modelagem matemática é a primeira lei da termodinâmica. O balanço de energia dos fenômenos envolvidos no resfriamento das pelotas no forno, desenvolve-se através de uma abordagem que considera o leito formado pelas pelotas

como um meio poroso contínuo, e aplica-se, conforme SARTORI [1986], o balanço de energia a cada fase distintamente.

Assumem-se pelas razões práticas do problema em foco, as seguintes hipóteses:

- Variação das energias cinética e potencial desprezíveis, considerando-se apenas a variação de energia interna;
- As equações são desenvolvidas em relação a um referencial inercial, visto que a grelha desenvolve um movimento retilíneo e uniforme.

Tendo-se a consideração de que o regime é permanente para esta modelagem, as equações da energia se transformam em:

$$\begin{array}{ll} \text{para a fase gasosa} & \text{para a fase sólida} \\ C_{p_G} G_G \frac{\partial T_G}{\partial z} = -ha(T_G - T_S) & C_{p_S} G_S \frac{\partial T_S}{\partial x} = ha(T_G - T_S) \end{array}$$

As condições de contorno a serem utilizadas na solução do sistema de equações:

$$T_G(x, 0) = T_{G0} \quad T_S(0, z) = T_{S0}$$

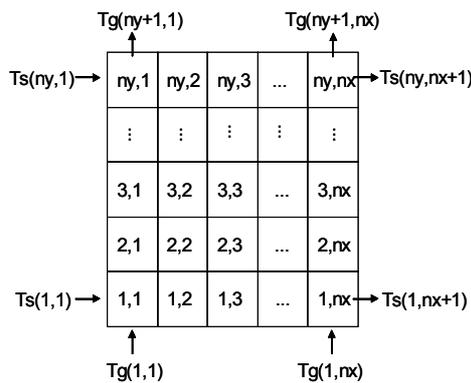


Figura 2.3-1: Malha e arranjo das variáveis

Considerando-se também como variável deste sistema o calor específico da fase gasosa:  $C_{p_G}$ , optou-se por uma solução numérica sendo o método adotado o de "Volumes Finitos".

Com uma malha quadrada de  $N_x \times N_y$  volumes elementares, foi discretizado o espaço, com o critério de co-localização para o arranjo das variáveis. Ver figura 2.3-1.

Para a aproximação dos parâmetros "temperatura", adota-se dentro de cada volume elementar as temperaturas do sólido e do gás

como sendo as calculadas a partir da média das temperaturas das fronteiras.

$$T_{s, medio} = \frac{T_s(i, j) + T_s(i, j + 1)}{2} \quad T_{g, medio} = \frac{T_g(i, j) + T_g(i + 1, j)}{2}$$

Portanto, o balanço de energia para o sólido torna-se:

$$\begin{aligned} \frac{G_S}{N_y} (C_{p_S}(T_s(i, j)).T_s(i, j) - C_{p_S}(T_s(i, j + 1)).T_s(i, j + 1)) = \\ \frac{haDxDyDz}{N_xN_y} \left[ \frac{T_s(i, j) + T_s(i, j + 1) - T_g(i, j) + T_g(i + 1, j)}{2} \right] \end{aligned}$$

e o balanço de energia para o gás torna-se:

$$\begin{aligned} \frac{G_G}{N_x} (C_{p_G}(T_g(i, j)).T_g(i, j) - C_{p_G}(T_g(i + 1, j)).T_g(i + 1, j)) = \\ - \frac{haDxDyDz}{N_xN_y} \left[ \frac{T_s(i, j) + T_s(i, j + 1) - T_g(i, j) + T_g(i + 1, j)}{2} \right] \end{aligned}$$

Em que,  $N_x$  e  $N_y$  são o número de células da direção  $x$  e na direção  $y$ ,  $D_x$ ,  $D_y$ ,  $D_z$  são as dimensões totais do volume de controle e "ha" é o coeficiente de transferência global de calor entre as fases. Forma-se assim um sistema composto de  $N_x \times N_y$  equações algébricas que para sua resolução foi aplicado o método de eliminação Gaussiana.

Para a solução do sistema foi necessário a estimação do coeficiente global de troca de calor “ha”. Esta estimação consiste em variar o parâmetro até que o modelo matemático descreva da melhor forma possível os dados experimentais. Realiza-se esta tarefa a partir da minimização dos desvios entre os valores medidos e os calculados com o modelo matemático. A minimização dos desvios entre os resultados calculados e os obtidos experimentalmente foi realizada utilizando o programa de estimação MÁXIMA, desenvolvido por NORONHA *et al.* [1991]. A determinação do coeficiente global de troca de calor “ha”, resultou no dado descrito na tabela 2.3-1.

Tabela 2.3-1: Valor estimado do coeficiente “ha”

<b>EXPERIMENTO</b>	<b>PARÂMETRO</b>	<b>ESTIMATIVA</b>	<b>DESV. PADRÃO</b>
AR & PELOTA	$ha$ ( $J/^\circ K$ )	0,570441E+4	0,102458E+4

### 3 – MÉTODO EXPERIMENTAL

Conforme a abordagem de D. SARTORI [1986] o estudo da transferência de calor em meios porosos, considerando o modelo de duas fases, torna as medidas de temperaturas mais difíceis devido à necessidade da determinação da temperatura individualmente em cada fase.

Os termopares utilizados para as medições de temperaturas dos experimentos objeto deste estudo foram do tipo "N" e do tipo "S".

#### 3.1 – O CARRO DE GRELHA MEDIDOR

Um carro de grelha foi preparado na Gerência de Oficinas (GAFIP) da CVRD-DIPE para se alcançar uma base de dados experimentais suficientemente consistentes. Ver figuras 3.1.1, e 3.1.2.

Várias foram às tentativas para as definições de posição e ou fixação dos termopares no carro. Por fim um total de 8 (oito) termopares foram instalados no carro de grelha em pontos convenientemente escolhidos.



Figura 3.1-1: Montagem dos termopares no carro de grelha para ar e pelota no topo e pelota na base e ar na caixa de vento



Figura 3.1-2: Detalhes caixa coletora de dados, suportes dos termopares superiores e esquema final em uma lateral do carro

#### 3.2 – PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO

Os termopares para coleta de temperaturas do Ar de topo e Pelota do topo do leito,

vão presos à lateral do carro. Os demais termopares já estão previamente fixados nas posições escolhidas.

A entrada do carro medidor no forno se deu a partir de uma parada obrigatória da grelha móvel, para que fosse retirado um carro e se fizesse à inserção do carro medidor. Em seguida a grelha móvel foi liberada para a continuidade da produção. Após o carregamento do leito de pelotas no carro medidor, uma nova parada é então realizada para a colocação dos termopares da região superior ao leito. A grelha móvel foi liberada para a continuidade da produção. Desta forma o carro medidor registra as temperaturas de todas as fases do forno. Antes de chegar no ponto de descarregamento da produção, uma nova parada é realizada para a retirada dos termopares superiores, evitando-se assim danos ao mesmo.

Utilizando o valor do parâmetro “*ha*” apresentado na tabela 2.3-2, e considerando-o constante no espaço, e os demais dados referentes ao processo tais como: calor específico da pelota, vazão mássica da pelota, vazão mássica do ar, foram simulados os processos de resfriamento do leito de pelotas, nas condições operacionais do forno da usina Nibrasco V.

Na figura 3.2-1, são apresentados os resultados das temperaturas medidos e os simulados pelo modelo para a região do resfriamento do forno, nas condições operacionais da usina Nibrasco V.

#### 4 – OTIMIZAÇÃO DA RECUPERAÇÃO DE ENERGIA

De uma análise no processo do forno observa-se que uma otimização na recuperação da energia disponibilizada, passa necessariamente pela recuperação das energias dissipadas na atmosfera na forma:

- Energia residual do leito de pelotas descarregado do forno;
- Energia do ar exaurido após a secagem ascendente;
- Energia do ar e gases exauridos após a secagem descendente e pré-queima.

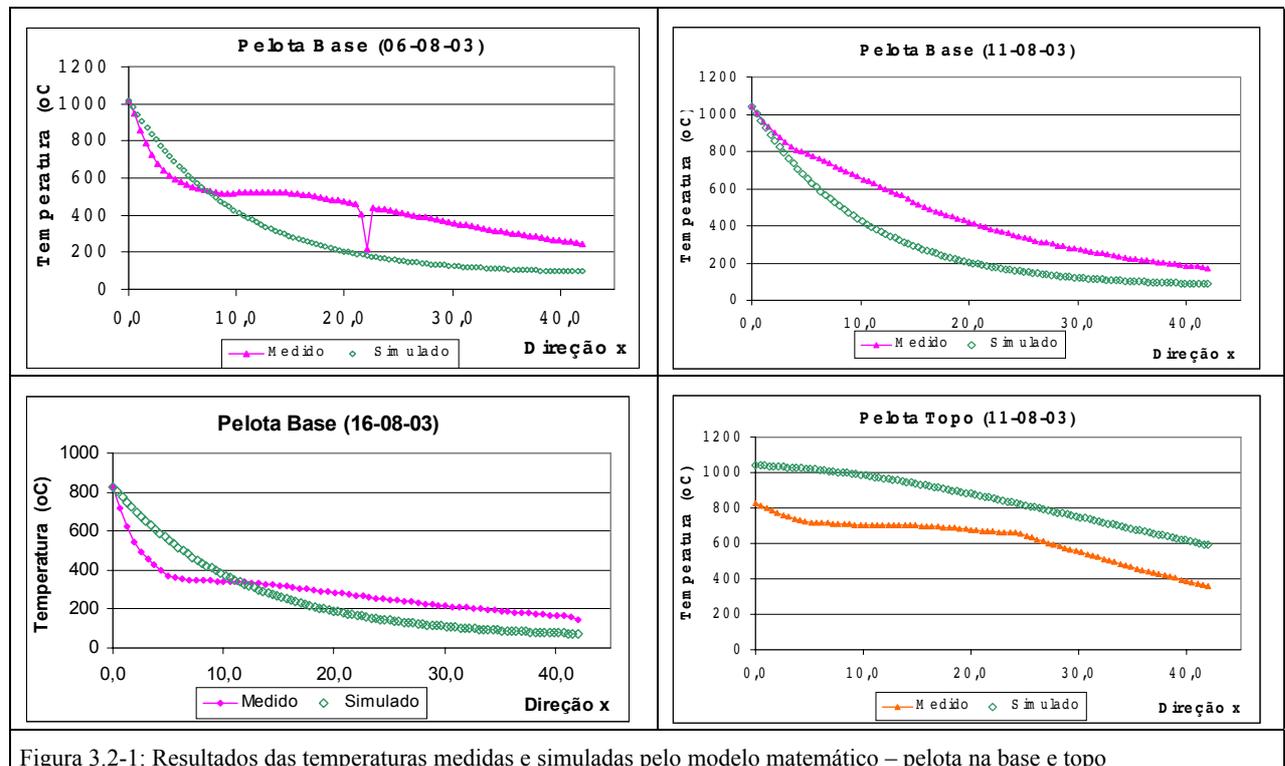


Figura 3.2-1: Resultados das temperaturas medidas e simuladas pelo modelo matemático – pelota na base e topo

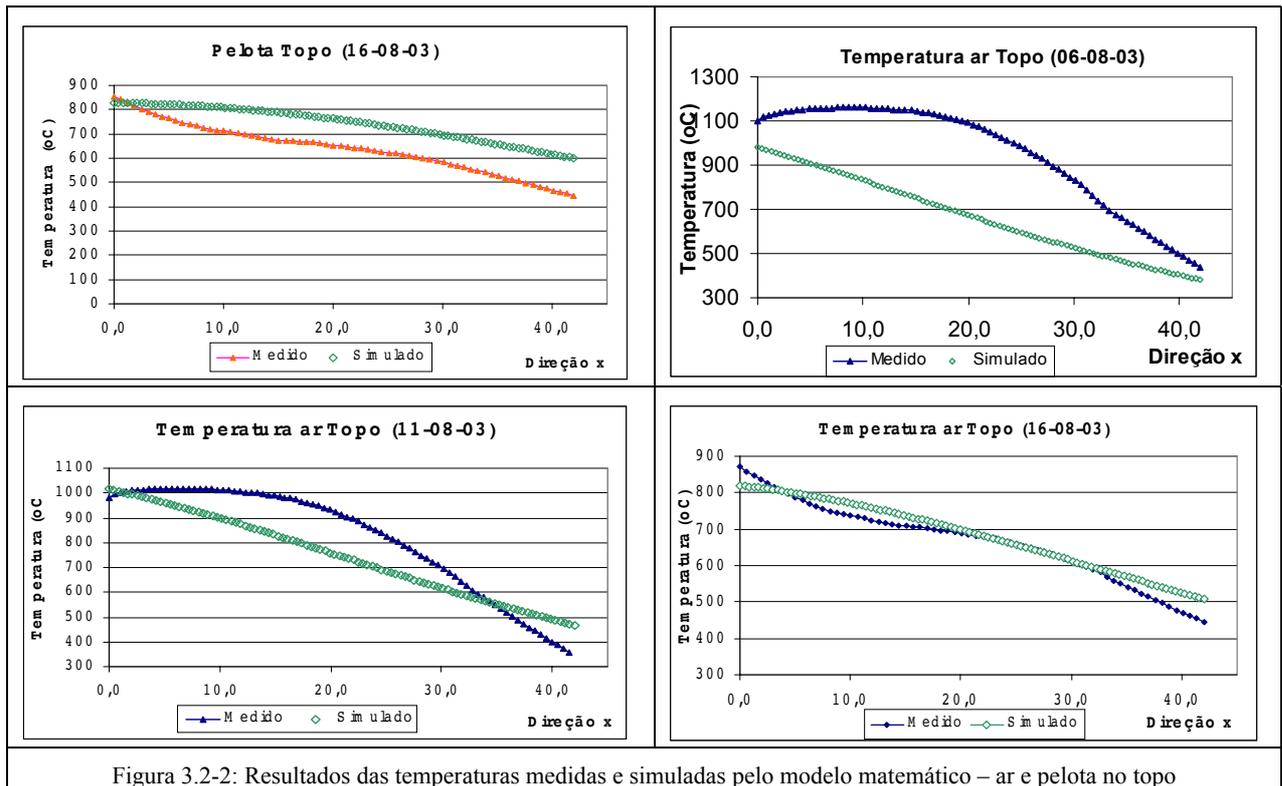


Figura 3.2-2: Resultados das temperaturas medidas e simuladas pelo modelo matemático – ar e pelota no topo

#### 4.1- ALTERNATIVAS PROPOSTAS

Um balanço de energia para o forno da usina Nibrasco V, na forma da figura 4.1-1,

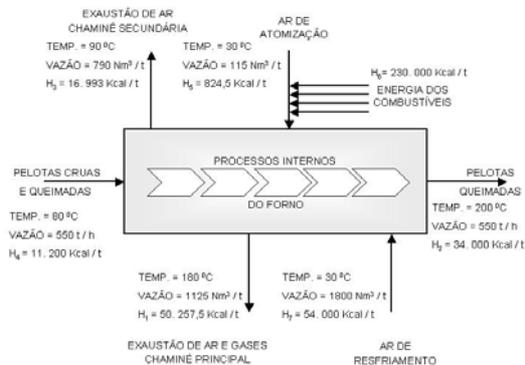


Figura 4.1-1: Balanço de energia térmica no forno

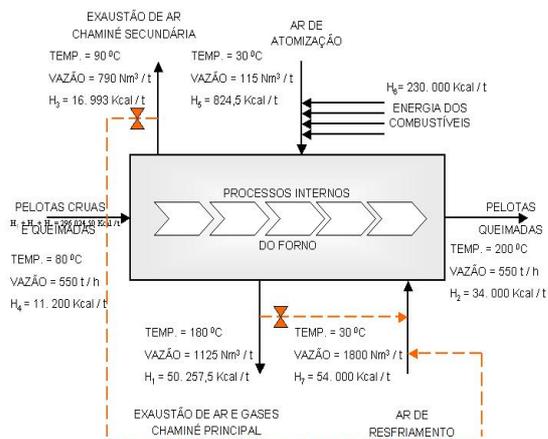


Figura 4.1-2: Recuperação da energia descarta

sendo os parâmetros apresentados específicos em relação ao nível de produção de pelotas atual, suas grandezas refletem dados medidos nos experimentos deste trabalho, medições específicas realizadas em 1995, e ou conceituais conforme os estudos de A. F.Machado [1975].

As possibilidades para uma otimização da recuperação da energia ora descartada, passam necessariamente por uma reconfiguração do processo atual de alimentação de ar ao forno. A recondução do ar e gases lançados pelas chaminés secundário e principal, para o ponto de entrada do ar de resfriamento pode ser observada pelo esquema apresentado na figura 4.1-2, e podem causar uma redução significativa nas necessidades de energia térmica nos processos internos do forno.

No esquema proposto na figura 4.1-2, haverá naturalmente elevação das temperaturas do ar de resfriamento e conseqüentemente uma elevação nas temperaturas das pelotas na saída do

forno. Um resfriamento externo do leito de pelotas pode recuperar esta energia e destina-la para elevação da temperatura do ar de atomização do combustível nos queimadores conforme apresentado no esquema da figura 4.1-3, promovendo uma sensível melhoria neste processo de combustão.

O principal ganho decorrente deste resfriamento externo é sem dúvida o ganho de natureza ambiental, por representar

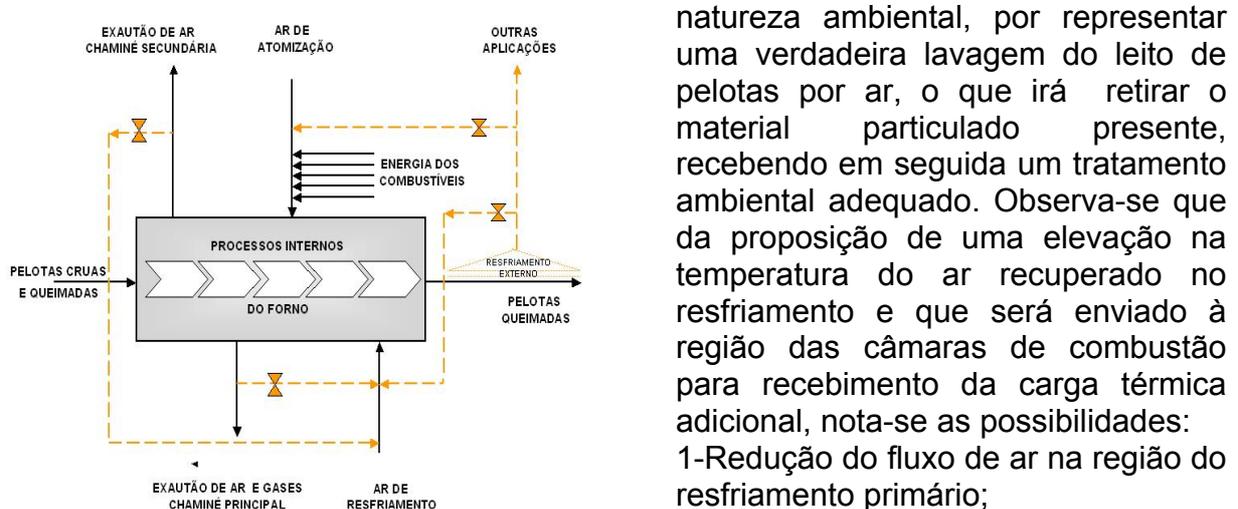


Figura 4.1-3 : Recuperação da energia das pelotas descarregadas

uma verdadeira lavagem do leito de pelotas por ar, o que irá retirar o material particulado presente, recebendo em seguida um tratamento ambiental adequado. Observa-se que da proposição de uma elevação na temperatura do ar recuperado no resfriamento e que será enviado à região das câmaras de combustão para recebimento da carga térmica adicional, nota-se as possibilidades:

- 1-Redução do fluxo de ar na região do resfriamento primário;
- 2-Elevação da temperatura do ar insuflado no resfriamento primário;

3-Combinação da 1ª e 2ª possibilidades;

4-Resfriamento na temperatura ambiente apenas no resfriamento secundário.

O esquema proposto para o funcionamento do processo nestas condições pode ser observado de forma esquemática na figura 4.1-4.

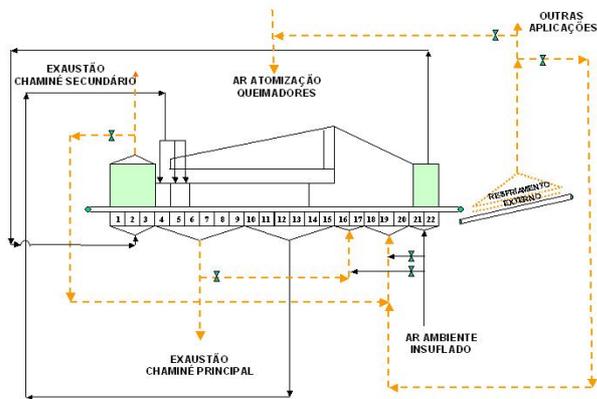


Figura 4.1-4:Ar aquecido na região do resfriamento

Faz-se a recondução de uma parcela do ar que seria exaurido na chaminé principal (temperatura em torno de 180 °C) introduzindo-o nas duas primeiras caixas de vento da região do resfriamento primário(caixas de vento 16 e 17). Também se faz a recondução do ar que seria exaurido na chaminé secundária (temperatura em torno de 90 °C), reunindo-se a este o ar advindo do resfriamento externo das pelotas. O conjunto seria introduzido nas caixas de vento

18, 19 e 20. Nas caixas de vento 20 e 21, introdução do ar na temperatura ambiente. Os resultados das temperaturas simuladas para o ar sobre o leito de pelotas para a condição atual de produção 550 t / h, está apresentado na tabela 4.1-1 para as seguintes situações: 1) Situação mais real da usina; 2) Com redução de 10% da vazão do ar de resfriamento; 3) A situação 2 mais o incremento de 50 °C na temperatura do ar de resfriamento.

Tabela 4.1-1 : Temperaturas do ar recuperado no resfriamento primário

Condição	Produção (t / h)	Temperatura média pelotas fim do resfriamento primário	Temperatura média do ar recuperado resfriamento primário
1) Situação mais real da usina	550	439,30 °C	881,06 °C
2) Redução vazão ar de resfriamento 10%	550	460,30 °C	907,40 °C
3) Situação 2 + 50 °C temperatura do ar	550	488,76 °C	911,88 °C

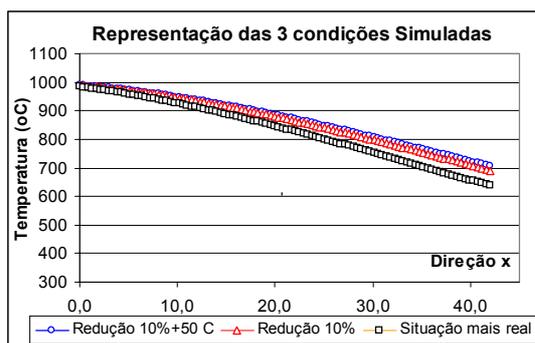


Figura 4.1-5: Resultado das simulações das 3 condições para o ar de resfriamento

A elevação das médias das temperaturas simuladas do ar sobre o leito de pelotas na região do resfriamento primário nas duas situações apresentadas na figura 4.1-5, destaca-se a condição em que se combina uma redução da vazão e elevação da temperatura do ar de entrada, obtendo-se como resultado um acréscimo de 30,82 °C em relação à mesma média de temperatura da situação atual da usina.

Pode-se concluir que o método pode ser uma ferramenta auxiliar importante, principalmente se o processo de

otimização for pela via de elevação da temperatura do ar recuperado do resfriamento primário.

Deve-se observar que a temperatura média do ar sobre o leito de pelotas medida ficou em torno de 840<sup>o</sup>C. O consumo específico de óleo combustível está em torno de 16 Kg/t de pelotas. Por razões de segurança do sistema de fixação dos refratários e de acordo com os estudos de A. F. MACHADO [1975] a elevação desta temperatura está limitada a 1170<sup>o</sup>C, para não haver comprometimento do sistema de ancoragem do revestimento refratário.

A possibilidade desta temperatura alcançar o patamar de 1000<sup>o</sup>C, implica em um consumo específico de óleo combustível de 11 Kg/t, o que significaria uma redução da ordem de 30% no consumo específico atual, com reflexos importantes nos custos operacionais e extremamente positivos do ponto de vista da questão ambiental.

## 5 - CONCLUSÕES

O modelo matemático desenvolvido para a fase de resfriamento de pelotas de minério de ferro em um forno de pelotização com grelha móvel tipo Lurgi-Dravo, relaciona as temperaturas do ar e da pelota e demais parâmetros característicos do forno e da produção da pelota.

O modelo como um método para auxiliar na avaliação e análise de estudos voltados para a otimização da recuperação de energia, notadamente as que interagem com o processo de resfriamento da pelota, mostra-se capaz de simular com êxito o processo de resfriamento da pelota nesta região do forno, para diferentes valores de variáveis importantes, tais como:

- Temperatura do ar de entrada do resfriamento da pelota;
- O volume de produção;
- A temperatura das pelotas na entrada da zona de resfriamento;
- A vazão de ar de resfriamento.

Considerando-se as simplificações adotadas, as inúmeras dificuldades na realização dos experimentos, visto a necessidade de repetibilidade para obtenção de dados consistentes e dentro de uma mesma condição operacional, pode-se considerar como bastante satisfatória a resposta das simulações do método, comparativamente aos resultados experimentais obtidos.

## AGRADECIMENTOS

À Cia Vale do Rio Doce na pessoa do Diretor de Pelotização-DIPE, Sr. Joaquim Martino, e posteriormente Sr. Sergio Leite;

Aos Gerentes, Eng. Edgar Harckbart e Rogério Tales Carneiro  
Aos colegas, Engenheiros Claudemir Chateaubriant , Rodrigo Batista, e Sobrinho;

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROZO, M. A. S. ; SARTORI, D. J. M. ; FREIRE, J. T. ; **Tópicos Especiais em Sistemas Particulados**. São Carlos-SP; Gráfica UFSCAR, 1998. Cap. 4, p. 119 - 158.
- CAPUTO, A. C. ;CARDARELLI, G. ;PELAGAGGE,P. M. ; **Analysis of Heat Recovery in Gas-Solid moving Beds using a Simulation Approach**. Montelucio, L'Aquila – Italy, 1994. University of L'Aquila.
- CAPUTO, A. C. ; PELAGAGGE, P. M. ; **Heat Recovery from moving Cooling: Transient Modeling by Dynamic Simulation**. Montelucio, L'Aquila – Italy, 1998. University of L'Aquila
- GARIGLIO, E. ; KLEIN, M. ; **Aspéctos Tecnológicos relativos à preparação de cargas e operação de Alto-forno: Pelotização**. São Paulo-SP: ABM- Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais,1994. Cap. 2, p. 102-157.
- MAZZA, MARCELO GUILHERME GUIDA; **Secagem de óxidos de terras raras em Spray Dryer**. 2002. 155 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – COPPE-UFRJ , Rio de Janeiro , 2002.
- MEYER, KURT ; **Pelletizing of Iron Ores**. Berlin-Germany :Verlag Stahleisen mbH, 1980. Cap. 1 e 2 , p.1-45; Cap.9, p.215-246 ; Cap.12 p. 269-282.
- MINOURA , T. et al; **Heat Transfer and Fluid Flow Analysis of Sinter Cooler with consideration of Size Segregation and inicial Temperature Distribution**. Tokyo, Heat Transfer Japan Research.1990. vol. 19(6), p. 537-555.
- PELAGAGGE,P. M. ; CAPUTO, A. C. ; CARDARELLI, G. ; **Comparing Heat Recovery Schemes in Solid Bed Cooling**. Montelucio, L'Aquila – Italy, 1997. University of L'Aquila
- SARTORI, DEMERVAL JOSE MAZZINI ; **Transferência de Calor em leito Deslizante**. 1986. 219 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – COPPE-UFRJ , Rio de Janeiro , 1986.

#### ABSTRACT

The iron ore agregating process called Pelletizing used on the Cia Vale do Rio Doce Industrial Complex at Ponta de Tubarão Vitoria ES – Brazil has as basic characteristic at all 7 (seven) plants, the indurating machine with traveling grate that achieving temperatures near by 1350<sup>0</sup> Celsius. In side of them the final characteristics of products be achieved, as the physical and metallurgical, in accordance with previous specifications. Based on the experimental data collected in the furnace region where a cooling by fresh air happening is possible to make a calibration and become valid the theoretical model for that region, as well as to get the heat convection transfer coefficient “h”. The solution of this model is based on “Finite Volume” mathematical method, presenting as results temperatures for the solid phase (pellets) and the gas phase (air), become a possible auxiliary method to evaluation the optimizing conditions of the recovery thermal energy that is wasting on the environment. This work has been developed at the indurating machine of Nibrasco V plant under normal operational conditions to produce the AF08 pellet type.

Key-words

Energy, pelletizing, recovery