



20° POSMEC

SIMPÓSIO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Um comparativo térmico de três fornos utilizados no processo de carvão vegetal

Autores

Rogério LIMA MOTA DE OLIVEIRA

Edson ALVES FIGUEIRA JÚNIOR

Bruno HENRIQUE OLIVEIRA MULINA

Orientador:

Solidônio RODRIGUES DE CARVALHO

O processo de produção de carvão vegetal, na maioria das empresas, é o mesmo que o de três mil anos atrás, em que consome parte da madeira como combustível a fim de fornecer a energia necessária para a carbonização do restante da madeira. Processos mais modernos utilizam de outros combustíveis, muitas vezes provenientes do próprio processo de carbonização (Oliveira, 2009).

Pequenos produtores de carvão vegetal, normalmente utilizam fornos construídos de alvenaria revestidos com barro. Esses fornos normalmente são feitos em barrancos ou na terra e não possuem formatos padronizados. Suas formas e tamanhos distinguem de uns para outros, fazendo com que o processo seja muito irregular e que seja dependente de forma direta de seus operadores. Normalmente esses fornos não possuem nenhum tipo de mecanização e tampouco instrumentos de medição das variáveis importantes do processo, prejudicando tanto o rendimento quanto à qualidade final do produto (Oliveira et al, 2009).

Ameloti, 2010 e Mulina et al., 2010 mostram que o desenvolvimento de modelos térmicos e procedimentos experimentais para controlar qualquer tipo de equipamento são fundamentais para a obtenção de lucro, produtividade e qualidade do produto. Especificamente em fornos de carvão vegetal, onde alguns problemas tais como, a previsão do tempo de produção, o tempo de secagem da madeira verde e os procedimentos para o controle da homogeneidade da carbonização são fundamentais e de difícil execução.

Inicialmente, este estudo propõe a instrumentação térmica e análise de ciclos de produção de carvão vegetal em fornos retangulares de alvenaria. O objetivo é medir a temperatura com sensores de temperatura PT100 localizados em diversos pontos no interior dos fornos e estabelecer uma relação entre temperatura e a qualidade do carvão. A instrumentação térmica prevê a instalação de 22 sensores PT100 em cada forno. Estes sensores serão conectados a uma placa mãe que transmite os sinais a um computador através de um circuito eletrônico e uma rede sem fios. As temperaturas serão armazenadas em um banco de dados e por um sistema supervisorio serão apresentados os dados em forma de gráficos e de perfis térmicos. Tais informações guiarão e ajudarão os operadores durante todas as fases de produção de carvão vegetal.

O modelo do forno analisado neste trabalho é construído de tijolos de alvenaria e possui uma geometria retangular, relativo ao modelo RAC 220 (R = retangular, AC = Acesita, 220 m³ de capacidade), com as seguintes dimensões: 26 m x 4,0 m x 4,2 m. Seu volume interno é de aproximadamente 440 m³. O forno RAC 220 possui, em suas extremidades, portas de aço revestidas com materiais refratários, objetivando a redução das perdas de calor. A Figura (1) representa o forno em estudo.



Figura 1: Forno retangular de alvenaria modelo RAC 220.

As Figuras 9, 10 e 11 apresentam os mapas de temperatura no instante final de carbonização para cada metodologia. Os perfis térmicos foram construídos considerando apenas um ciclo de carbonização para cada metodologia. A partir de um plano transversal no interior do forno - linha tracejada da Fig. (9) definida conforme a largura e altura dos fornos RAC220 - são apresentados os perfis térmicos para cada metodologia de produção. Para a obtenção das temperaturas neste plano transversal, primeiramente foi definido uma malha ao longo do plano e por meio de um software de renderização gráfica foram estabelecidas as temperaturas.

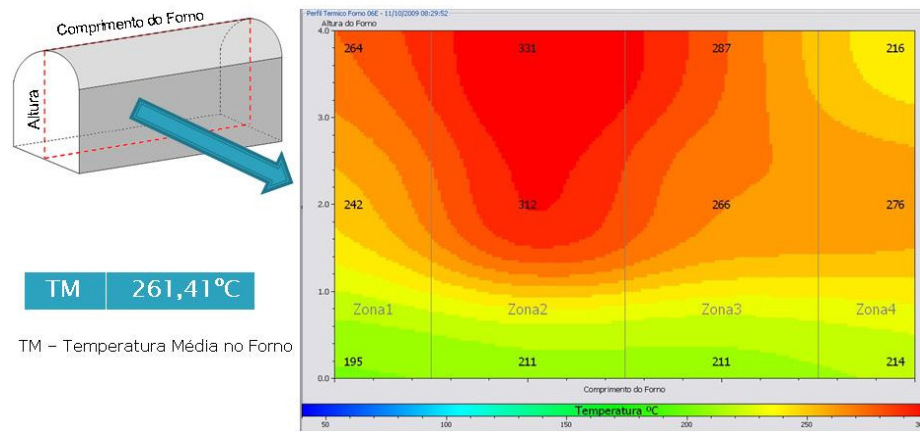


Figura 9: Perfil térmico na fase final de carbonização em um forno convencional.

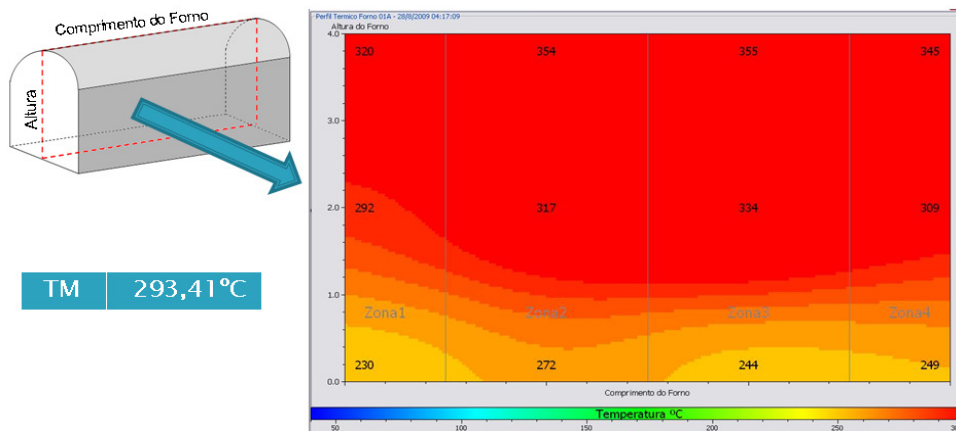


Figura 10: Perfil térmico na fase final de carbonização em um forno auxiliado por um sistema supervisório – temperatura controlada.

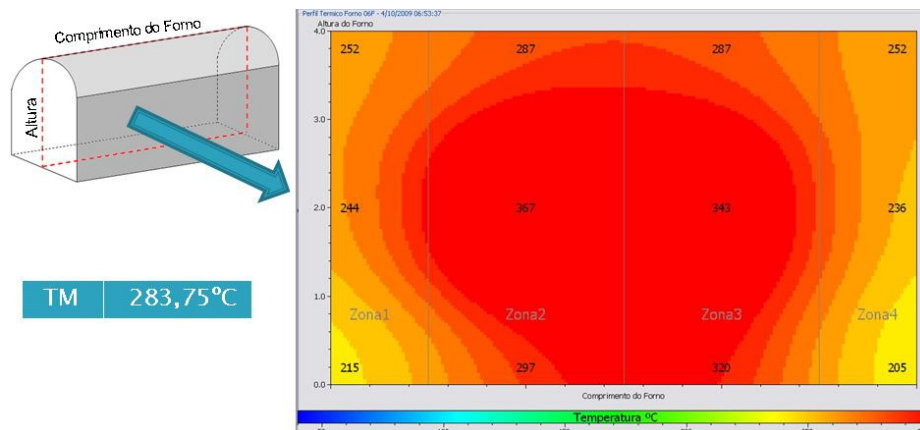


Figura 11: Perfil térmico na fase final de carbonização em um forno adaptado.

Analisando as Figs. 9, 10 e 11, verifica-se que no Forno Convencional há uma grande diferença de temperatura entre as zonas de carbonização, o que leva à produção de carvão com qualidades diferentes em cada zona do forno. Além disso, devido às baixas temperaturas próximas às portas, ocorre a formação de tiço nessas regiões. Este ciclo apresenta ainda a menor temperatura final média de carbonização.

Na metodologia cuja foi intervinda utilizando o sistema supervisório, Fig. 10, verifica-se a maior temperatura média final de carbonização. Além disso, é notória a homogeneidade da temperatura neste ciclo quando comparado aos demais. No caso do forno auxiliado pelo sistema supervisório, a partir de hardwares e softwares específicos, monitora-se a temperatura em tempo real de produção e as falhas foram corrigidas durante o próprio ciclo carbonização.

Ressalta-se que para o Forno Convencional e Adaptado, realizaram-se apenas o monitoramento das temperaturas, ou seja, não foram feitas intervenções nos ciclos com base nas temperaturas medidas. O objetivo foi conhecer o mapa térmico no interior dos fornos e confrontar os resultados obtidos a partir de cada metodologia de produção.

No Forno Adaptado é clara a diferença de temperatura entre as zonas do forno. Novamente é possível identificar baixas temperaturas nas regiões das portas. Um fato interessante é que, no Forno Adaptado, mesmo com recirculadores de ar, não foi possível a homogeneização das temperaturas ao longo do forno, apresentando baixas temperaturas na região das portas, mostrando uma falha do isolamento nesta região.

Assim, a partir dos resultados obtidos, verifica-se que as adaptações realizadas nos fornos RAC 220 com recirculadores e queimadores de gás podem proporcionar ganhos significativos de produção. No entanto, o mapa térmico do ciclo mostra que para produzir carvão de qualidade é necessária a instrumentação térmica do forno, ou seja, deve-se ter o controle da temperatura em todas as zonas de carbonização. Só assim será possível aumentar significativamente a lucratividade das empresas e garantir que o carvão produzido esteja em conformidade com o padrão definido pelas siderurgias nacionais.

Referências

AMELOTI, G. B., CARVALHO, S. R. **Simulação numerica do processo de aqicimento e dinamica dos gases no interior de um forno industrial.** CREEM, 2010. Viçosa, MG.

MULINA, B. H. O. et al. **Development of a supervisory system to measure the temperature inside chacoal kilns.** COBEM, 2009. Gramado, RS.

OLIVEIRA, R. L. M., **Instrumentação e análise térmica do processo de produção de carvão vegetal.** 2009. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG.

OLIVEIRA, R. L. M. et al. **Análise térmica e do rendimento gravimétrico em fornos de produção de carvão vegetal.** CONEM, 2010. Campina Grande, PB.