

DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA ON-LINE PARA ANÁLISE DE UMIDADE DE CARVÃO VEGETAL¹

Rosiane Mary Rezende Faleiro²

Resumo

O objetivo foi desenvolver uma metodologia de análise de umidade on-line em carvão vegetal que proporcionasse uma medição precisa e em tempo real para o controle de processo dos altos-fornos. O trabalho foi desenvolvido a partir de tecnologias existentes no mercado para minério de ferro que foram adaptadas para carvão vegetal: microondas e infravermelho. A primeira baseia-se em um sistema de medição de transmissão de microondas do material sobre a correia transportadora. O analisador mede o deslocamento de fase e a atenuação da microonda e determina a umidade do material. Já a segunda emite um feixe de luz divergido e focalizado para iluminar o material a ser medido. Filtros óticos de infravermelho criam comprimentos de onda que podem ser absorvidos ou não pela água contida no material. A energia refletida do material incide em um detector e fornece um sinal elétrico proporcional à medição real. Ambas as tecnologias apresentam particularidades e mostraram-se aptas para medir a umidade do carvão vegetal. Na área industrial foi instalado e calibrado um analisador on-line de umidade infravermelho para carvão vegetal com granulometria de 10 mm a 32 mm e umidade de 0% a 20%. Os resultados são acompanhados on-line pela operação e estão próximos dos realizados em laboratório, podendo substituir amostras que são coletadas e preparadas somente para análise de umidade.

Palavras-chave: Umidade on-line; Carvão vegetal; Infravermelho.

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR ONLINE MOISTURE ANALYSIS OF CHARCOAL

Abstract

The objective was to develop a methodology for charcoal moisture on-line analysis that would provide a precise measurement and in real-time to the blast furnaces process control. The work was developed from existing technologies in the market for iron ore that were adapted for charcoal: microwave and infrared. The first is based on a measurement system for microwave transmission of the material on the conveyor belt. The analyzer measures the phase shift and attenuation of microwave and determines the material moisture. The latter emits a light beam diverged and focused to illuminate the material being measured. Infrared optical filters create wavelengths that can be absorbed or not by the water contained in the material. The energy reflected from material focus in a detector and provides an electrical signal proportional to the actual measurement. Both technologies have peculiarities and were able to measure the charcoal moisture. In the industrial area was installed and calibrated an infrared moisture on-line analyzer to charcoal with particle size from 10 mm to 32 mm and moisture from 0% to 20%. The results are accompanied by operation on-line and they are very close to those achieved in the laboratory, can be substitute samples that are collected and processed only for moisture analysis.

Key words: On-line moisture; Charcoal; Infrared.

¹ Contribuição técnica ao 41º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas e 12º Seminário Brasileiro de Minério de Ferro, 12 a 26 de setembro de 2011, Vila Velha, ES.

² Estatística, Mestre em Estatística UFMG, Doutoranda em Engenharia Metalúrgica UFMG, Coordenadora Técnica na Vallourec & Mannesmann Tubes do Brasil.

1 INTRODUÇÃO

A composição química do carvão vegetal pode ser determinada através da análise química imediata, na qual são analisados os teores de carbono fixo, cinzas e materiais voláteis, além da umidade. Essas variáveis são importantes na operação dos altos-fornos, sendo, o mais importante da composição química, a sua estabilidade com baixa umidade.

Além das amostragens realizadas para análises químicas e granulométricas do carvão vegetal, a V&M do Brasil coleta e prepara diariamente 48 amostras que são destinadas apenas para análise de umidade do carvão vegetal. Tais amostras são coletadas de duas em duas horas nos quatro silos de consumo e seus resultados demoram cerca de 50 minutos para serem informados, ou seja, no controle de processo nos altos-fornos trabalha-se com uma defasagem nos resultados de umidade.

O objetivo do trabalho foi desenvolver uma metodologia de análise de umidade *on-line* em carvão vegetal que proporcionasse uma medição precisa e em tempo real para ser implementado no controle de processo dos altos-fornos, o que permitirá reduzir amostras de carvão vegetal que são coletadas e preparadas apenas para análise de umidade e trabalhar com resultados confiáveis de umidade de carvão vegetal e em tempo real.

O medidor *on-line* de umidade é uma construção robusta, cujas análises são feitas por microondas ou infravermelho, e baseadas em curvas de calibração com precisão de 0,2% a 0,4%. Na revisão de literatura realizada não foram encontradas empresas que utilizassem tais analisadores para carvão vegetal. Algumas aplicações encontradas foram para minério de ferro, pelota, *sinter feed*, minérios concentrados, alimentos e fumo. Dessa forma, o trabalho foi desenvolvido a partir das tecnologias existentes no mercado para esses materiais e adaptadas para o carvão vegetal.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido a partir de tecnologias existentes no mercado para minério de ferro e outros materiais: microondas e infravermelho. Essas tecnologias foram adaptadas para o carvão vegetal.

A tecnologia microondas é baseada em um sistema de medição de transmissão de microonda onde ela é transmitida através do material acima da correia transportadora e recebida abaixo. O analisador mede o deslocamento de fase e atenuação da microonda e assim determina a umidade do material contido sobre a correia.⁽¹⁾

O analisador microondas consiste de um par de antenas de construção simples e robusta e de um gabinete que armazena a eletrônica do sistema. É instalado diretamente na correia transportadora, com pequena ou nenhuma modificação na estrutura existente, não entra em contato com o material a ser medido e nem interfere na rotina operacional da correia. Integrado à balança dinâmica da correia transportadora, as medições de umidade não são afetadas pela segregação vertical e granulometria do material, velocidade ou tipo de correia.⁽²⁾

Já o analisador de umidade infravermelho é um medidor contínuo que emprega uma tecnologia onde um feixe de luz é opticamente divergido e focalizado para iluminar o material a ser medido. Filtros óticos de infravermelho sincronizados criam comprimentos de onda de medição e referência, os quais são, respectivamente, absorvidos e não absorvidos pela água contida no material. A energia refletida do

material incide em um detector, fornecendo um sinal elétrico proporcional à medição real. Caminhos ópticos complementares e algoritmos compensam possíveis instabilidades causadas por cor, composição, tamanho de partículas ou volume de produto.⁽²⁾ Este analisador também não entra em contato com o material e nem interfere na rotina operacional, e pode ser instalado em correia transportadora ou em outro local, desde que o material a ser medido esteja em movimento.

A principal vantagem da metodologia microondas é a extração de amostras representativas sobre a correia transportadora. Como desvantagem, apresenta limitação quanto à profundidade do material a ser medido, não mede água quimicamente combinada e nem material altamente atenuante, como coque, magnetita pura ou minério de manganês.

O analisador infravermelho é o mais usual, devido ao menor custo comparado ao microondas. No entanto, mede somente umidade superficial e a medição pode ser afetada pela granulometria do material, pó, névoa e penetração de luz no local.

Para ambos analisadores, a calibração envolve a comparação entre as medições de umidades de amostras coletadas e medidas pelo laboratório e as medições realizadas e armazenadas pelo analisador. Eles suportam múltiplas calibrações, o que torna possível a medição de umidade de diferentes materiais, utilizam o método matemático da regressão linear na aferição, onde resultados do laboratório e do analisador são correlacionados. A calibração é feita uma única vez, e apenas eventuais ajustes são necessários para compensar desvios decorrentes da natureza de equipamentos eletrônicos.

Outro item importante é a avaliação das características do material a ser medido (densidade, granulometria, faixa de umidade etc.) e estudar o melhor local para instalar o analisador (correia, silos etc.).

3 RESULTADOS

Antes de comprar o analisador de umidade para testar na área industrial, amostras de carvão vegetal e moinha foram analisadas em laboratório. Para o analisador microondas, testes com amostras de carvão vegetal com umidade variando de 5% a 15% e granulometria de 10 mm a 125 mm apresentaram resultados com boa aproximação linear e com pequeno erro relativo nas alturas de camadas de correia transportadora de 200 mm a 300 mm.

Para o analisador infravermelho, amostras de carvão vegetal com granulometria de 10 mm a 32 mm e moinha de 0 mm a 10 mm, com umidade variando de 1% a 10%, também foram testadas em laboratório utilizando analisador infravermelho. Os modelos de regressão ajustados para a moinha e o carvão vegetal apresentaram R^2 de 99,2% e 74,2%, respectivamente (Figuras 1 e 2). Os resultados das análises de carvão vegetal apresentaram grande dispersão para as amostras abaixo de 3%, por isso um valor menor do R^2 . Atribuímos tal resultado a quantidade de água injetada no manuseio (preparação) para se conseguir baixos valores de umidade, e em consequência a não possibilidade de homogeneização total do material. Para valores acima de 3%, o medidor apresentou desempenho compatível com o esperado. Não foram testadas amostras de carvão vegetal com granulometria superior a 32 mm no analisador infravermelho uma vez que ele só mede a umidade superficial e uma granulometria maior é uma limitação do equipamento.

Testes com amostras de moinha no analisador infravermelho

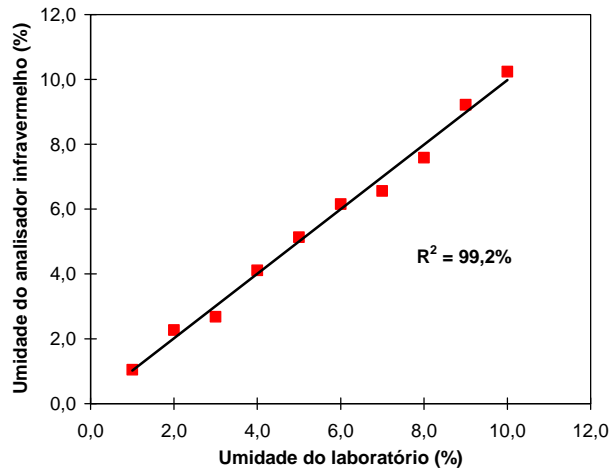


Figura 1. Resultados de umidade obtidos em laboratório para a moinha utilizando o analisador infravermelho.

Testes com amostras de carvão vegetal (10 a 32mm) no analisador infravermelho

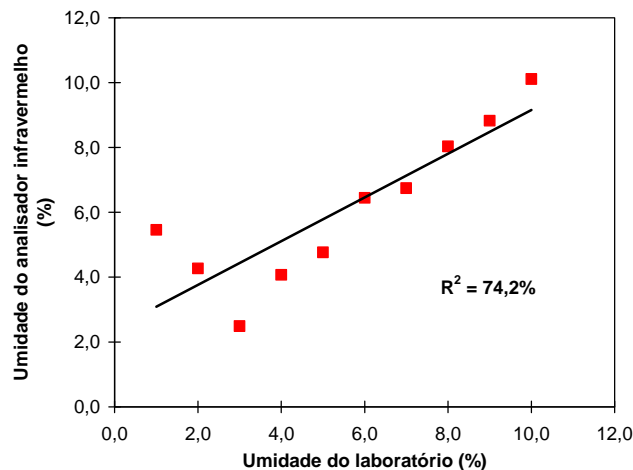


Figura 2. Resultados de umidade obtidos em laboratório para o carvão vegetal de 10 mm a 32 mm utilizando o analisador infravermelho.

Devido ao custo elevado do analisador on-line microondas e a verba disponível para esse projeto, foi adquirido o analisador infravermelho para ser testado na área industrial. O ponto escolhido foi abaixo do silo de carvão vegetal médio (10 mm a 32 mm) com o material em movimento. Alguns procedimentos foram necessários para a instalação do equipamento, como: instalar um regulador da camada de carvão para não atingir o analisador; garantir que não terá vibração no analisador, uma vez que é um instrumento ótico; instalar um suporte para facilitar a retirada do mesmo em caso de manutenção; instalar uma plataforma para facilitar o acesso ao analisador (Figura 3); utilização de nitrogênio para limpeza das lentes; enclausuramento do equipamento para evitar que a claridade prejudique a medição; instalação de um suporte para a colocação do *display* (Figura 4); interligação dos resultados do analisador ao supervisor, dentre outros procedimentos.



Figura 1. Instalação da plataforma para facilitar o acesso ao analisador de umidade.

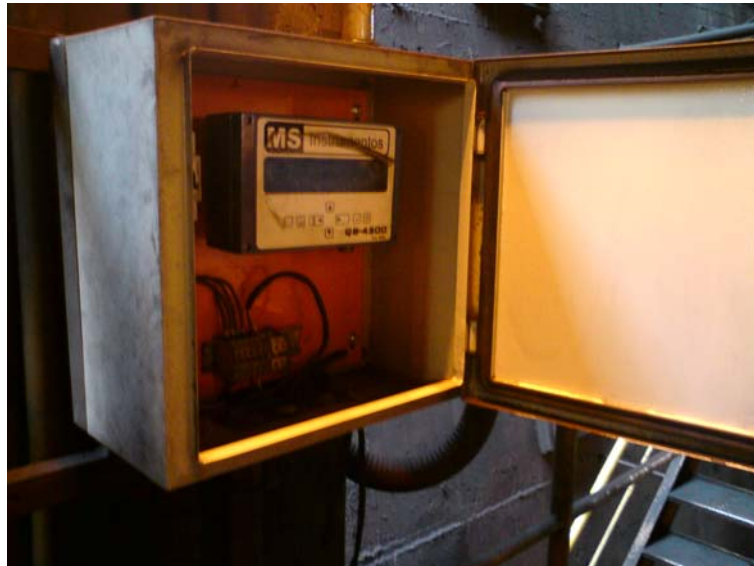


Figura 2. Display que mostra os resultados on-line de umidade de carvão vegetal.

O analisador de umidade foi instalado e a calibração foi realizada com o auxílio da equipe técnica do fornecedor. Ao longo de uma semana, diversas amostras de carvão vegetal foram coletadas e analisadas em triplicata e correlacionadas com os resultados do analisador para o ajuste da relação linear. Um exemplo de calibração é mostrado na Figura 5. As Figuras 6 e 7 mostram o equipamento já instalado e o display com um resultado de umidade.

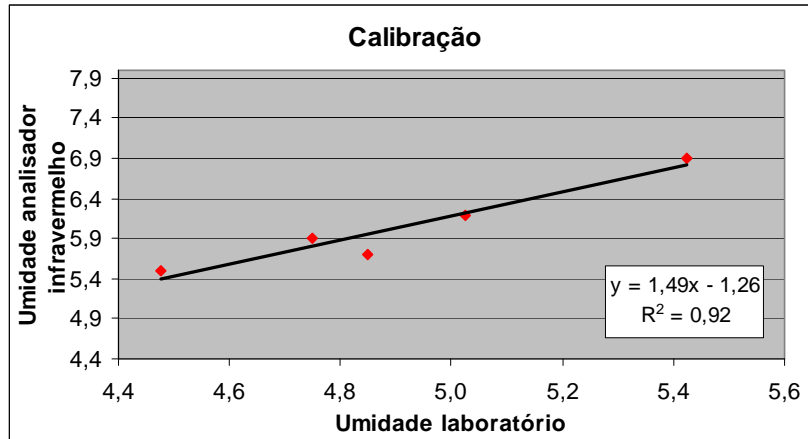


Figura 5. Exemplo de curva de calibração que foi construída durante o desenvolvimento da calibração do analisador de umidade.



Figura 6. Equipamento já instalado na área do silo de carvão vegetal.



Figura 7. Display mostrando resultado de umidade de carvão vegetal naquele momento.

Os resultados são enviados via supervisório para o software PIMS (Figura 8) e os resultados podem ser acompanhados on-line para controle operacional dos

altos-fornos. Como o analisador mede o material em movimento, quando não há carga de carvão no silo em movimento, o resultado aparece em forma de reta.

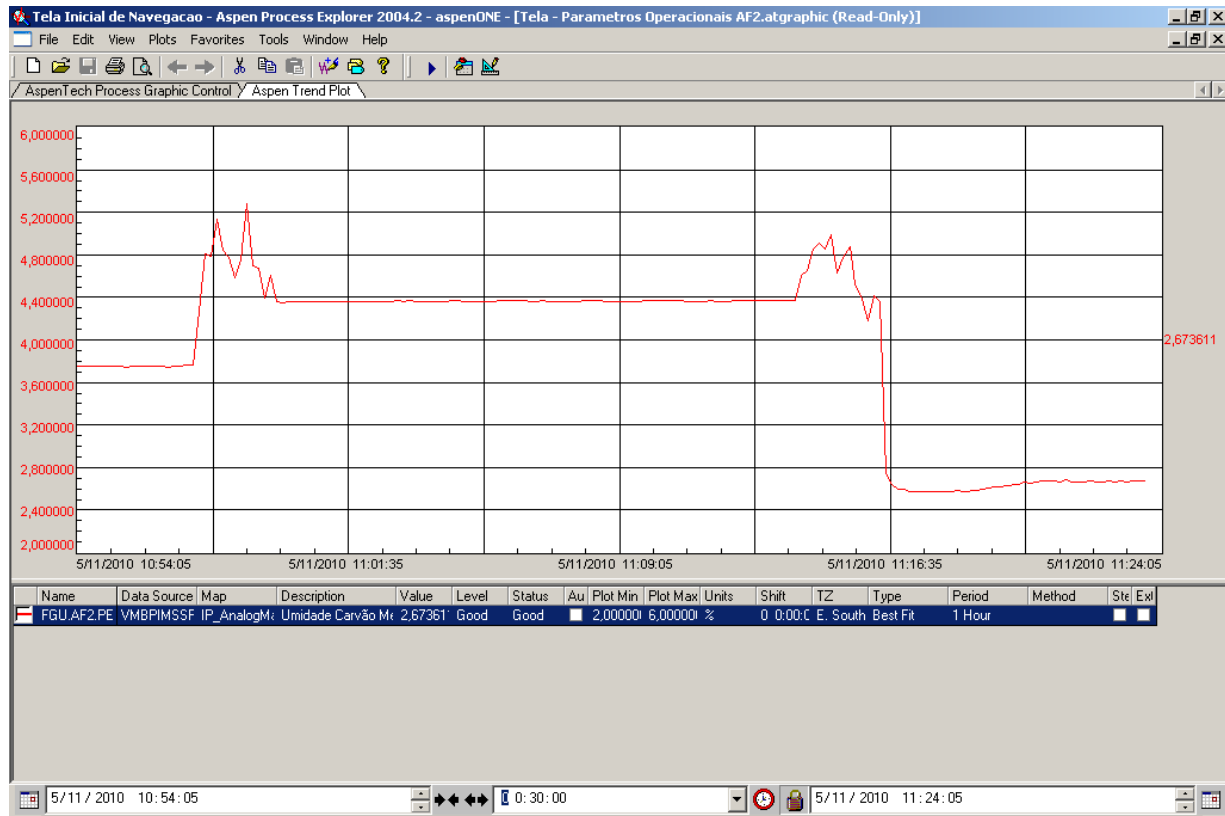


Figura 8. Tela do software PIMS mostrando os resultados de umidade em um período escolhido.

4 DISCUSSÃO

Ambos os tipos de analisadores, microondas e infravermelho, mostraram-se aptos para medir umidade de carvão vegetal. Não foi testada a medição de umidade com granulometria maior que 32 mm no analisador infravermelho, devido à limitação citada por outros autores de que ele só mede a umidade da superfície. No entanto, sugere-se que seja avaliada a eficiência desse analisador para um carvão vegetal com granulometria maior. Quando se avaliam as vantagens e desvantagens, o analisador microondas mostra ser mais eficiente por medir diferentes materiais, diferentes granulometrias e conseguir medir a umidade contida dentro do material. No entanto, com relação ao custo, o infravermelho leva vantagem por ser mais barato.

No período chuvoso, de janeiro a março desse ano, foram coletadas novas amostras com valores mais altos de umidade e foi feito um pequeno ajuste na relação linear do analisador, tornando-o ainda mais confiável.

Foi realizada também uma divulgação do trabalho para as pessoas que interessam a utilização dessa informação.

Os próximos passos desse trabalho incluem correlacionar resultados de umidade de carvão vegetal de granulometria de 10 mm a 32 mm com os de 32 mm a 125 mm e eliminar parte das amostragens realizadas somente para análise de umidade.

5 CONCLUSÕES

É possível medir a umidade do carvão vegetal utilizando analisadores de tecnologia microondas e infravermelho, observando as vantagens e limitações de cada um. Para isso, é necessário considerar as características do material, definir o melhor ponto de instalação do equipamento e calibrar o equipamento através da correlação dos resultados obtidos em laboratório com os resultados informados pelo analisador.

Agradecimentos

A autora agradece a todas as pessoas que estiveram envolvidas nesse trabalho. Aos fornecedores dos analisadores, em especial às empresas Intalysis e MS Instrumentos pelo conhecimento do assunto, fornecimento da literatura e por tornar possível a realização dos testes em laboratório. Aos senhores Eduardo Zóia, Paulo de Jesus e demais funcionários da MS Instrumentos pelo acompanhamento de perto da instalação, calibração e ajuste do analisador na área industrial. Ao pessoal da manutenção siderúrgica da V&M do Brasil, em especial à Valéria Rocha e Antônio Braz, pela preparação dos procedimentos para instalação do equipamento. Às equipes das áreas de Matérias-Primas e Produção de Ferro-gusa, Pesquisa e Desenvolvimento, Qualidade e Compras pelo apoio ao longo do trabalho.

REFERÊNCIAS

- 1 INTALYSIS TECHNOLOGY FOR ONLINE ANALYSIS. *Breve descrição técnica do analisador on-line de umidade*. Austrália, 2009, 5p.
- 2 MS INSTRUMENTOS. *QB4200 Medidor de umidade para sólidos minerais*. Rio de Janeiro, 2009, 2p.