

Nº 27, ago/98, p.1-5

**ANALISADOR GRANULOMÉTRICO AUTOMATIZADO APLICADO NA
CARACTERIZAÇÃO DE PÓS DE VIDRO PROCESSADOS POR MOAGEM**

João de Mendonça Naime¹
Odilio Benedito Garrido de Assis¹
Gleninho Divino²
Carlos Manoel Pedro Vaz¹
Álvaro Macedo da Silva¹

O analisador granulométrico por atenuação de raios gama tem sido aplicado com importantes resultados em estudos de solos (Vaz et al; 1997). Dentre as principais vantagens deste equipamento desenvolvido pela Embrapa Instrumentação Agropecuária sobre métodos convencionais para a análise de solos, pode-se destacar:

- O resultado é obtido em 18 minutos contra 24 horas do método clássico da pipeta;
- Não há ocorrência de perturbação do meio durante a análise;
- O resultado não depende da habilidade do operador, pois é automático e
- O sistema permite a determinação detalhada da curva de distribuição do tamanho de partículas.

A determinação da distribuição do tamanho de partículas de compostos inorgânicos, como cerâmicas ou metais, é uma das possíveis aplicações dessa metodologia. A validação na medida granulométrica de demais pós processados por meio de moagem eleva consideravelmente o campo de aplicações do sistema. Em particular, a análise de pós de vidros, conduzida neste trabalho, é auxílio importante e complementar às pesquisas de processamento de membranas vítreas, em andamento junto à Embrapa Instrumentação Agropecuária (Divino et al; 1998). Pós cerâmicos são normalmente caracterizados por microscopia (por observação e medida direta) ou por sedigrafia, que consiste em processo similar ao aqui avaliado, pela determinação indireta da razão de sedimentação por incidência de raios X.

O objetivo deste trabalho é a validação do analisador granulométrico na caracterização da evolução, em função do tempo, do tamanho de partículas de vidro obtidas por moagem.

A Figura 1 apresenta o equipamento desenvolvido para a análise automática da distribuição do tamanho de partículas do solo (Naime et al., 1998). Utiliza o

¹Embrapa Instrumentação Agropecuária, Caixa Postal 741, CEP 13560-970, São Carlos-SP

²DEMa UFSCar - Depto de Engenharia de Materiais S. Carlos, SP

CT/27, CNPDIA, ago/98, p.2

método de atenuação de raios gama, desenvolvido por Vaz et al. (1992) e Oliveira et al. (1997), para calcular a variação de concentração de uma amostra em solução líquida durante o processo de decantação das partículas constituintes do material. O protótipo construído permite a análise automatizada e contínua de até 10 amostras.

A operação do equipamento se baseia:

- (A) Na atenuação de um feixe de raios gama, que é usada para calcular a concentração relativa C/C_0 (Eq. 1) em diferentes alturas ao longo da amostra, Através de uma modificação na Lei de Lambert-Beer.

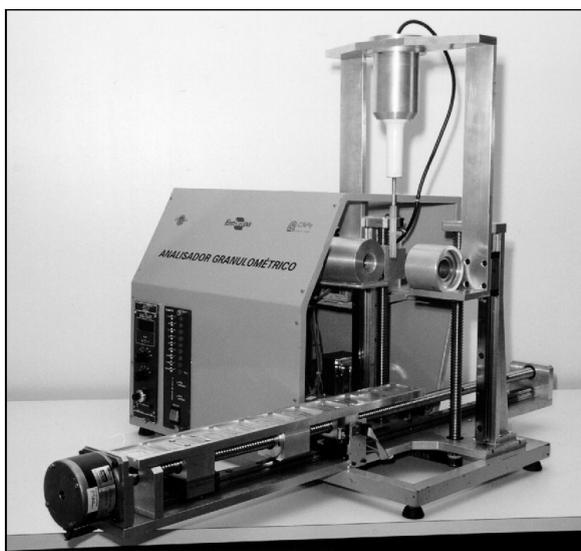


Figura 1 - Foto do protótipo desenvolvido para a análise de 10 amostras.

$$\frac{C}{C_0} = \frac{\ln \frac{I_0}{I} \cdot 10^3}{x \left(\mu_p^* + \frac{\mu_w^*}{D_p} \right)} \cdot 100 \quad [\%] \quad (1)$$

onde C_0 [g/l] é a concentração total, x [cm] é a espessura interna do recipiente, I_0 [cps] é o número de fótons que atravessam o recipiente preenchido apenas com água e I [cps] quando o recipiente está preenchido com a solução (água e partículas), μ_p^* e μ_w^* [cm²/g] são os coeficientes de atenuação em massa do vidro e da água, respectivamente, e D_p [g/cm³] é a densidade das partículas de vidro;

- (b) Na Lei de Stokes (Eq. 2), utilizada para calcular a velocidade de queda das partículas em um meio líquido. Portanto, o tempo t [s] e a altura h [s] determinam quando e onde as medidas de atenuação devem ser feitas para calcular o tamanho médio d [m] das partículas relacionadas com a concentração.

$$t = \frac{18 h \cdot 10^{-8}}{d^2 g (D_p - D_w)} \quad (2)$$

CT/27, CNPDIA, ago/98, p.3

onde $[\text{poise}]$ é a viscosidade da água, g $[\text{cm/s}^2]$ é a aceleração da gravidade e D_w $[\text{g/cm}^3]$ é a densidade da água.

A matéria-prima básica para moagem foi vidro transparente de composição comercial: SiO_2 72,5%; Na_2O 13,7%; CaO 9,8%; MgO 3,3%; Al_2O_3 0,4%; Fe_2O_3 0,2%; FeO 0,2%; K_2O 0,1% (em peso). O material sofreu uma fragmentação grosseira inicial para partículas próximas a 2mm, seguida de moagem em moinhos de bolas de Al_2O_3 com tamanho médio entre 12-20mm. Selecionaram-se os períodos de moagem de 2, 4, 6, 8 e 12 horas para avaliação da granulometria resultante, quando amostras na quantidade de 200 gramas foram removidas e analisadas. Microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi empregada para visualização da morfologia obtida após a moagem.

A Figura 2 apresenta um exemplo de distribuição de tamanhos obtida pelo sistema para a análise do pó após 2 horas de moagem. O aspecto de distribuição é típica para todos os tempos, onde os dados se ajustam à curva gaussiana, possibilitando assim avaliação estatística da distribuição para cada período de moagem.

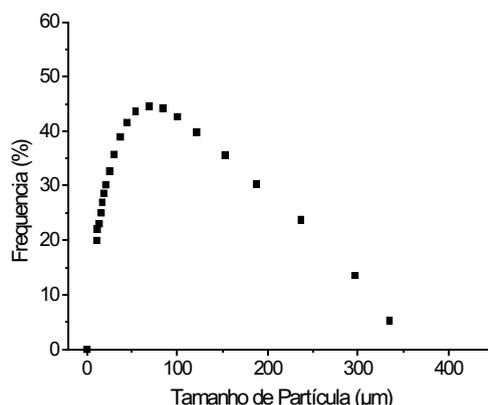


Figura 2 - Exemplo de distribuição de tamanhos de partículas obtida para a moagem por 2 horas.

A Figura 3 apresenta o aspecto dos pós, em amostra de 2 horas de moagem, por microscopia eletrônica de varredura, sendo possível avaliar visualmente a distribuição de formatos e tamanhos gerados no período.

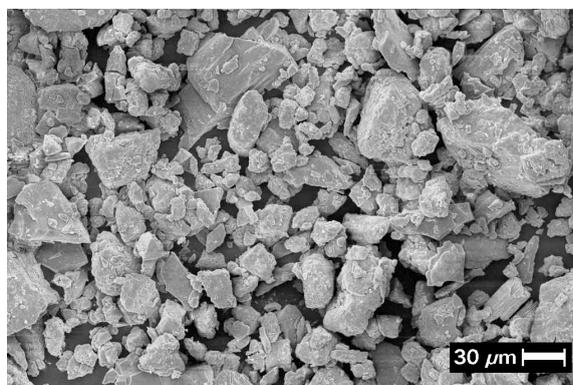


Figura 3 Aspecto do pó obtido após 2 horas de moagem (foto MEV)

CT/27, CNPDIA, ago/98, p.4

O vidro, por ser um típico material de fratura frágil e com baixa tenacidade (Doremus, 1993), apresenta propagação de fraturas em regiões aleatórias. Os pós gerados com essa característica apresentam dimensões variadas e formatos irregulares, o que contribui para a característica de uma distribuição mais larga de tamanhos para baixos períodos de moagem. Isso reflete em desvios padrões consideravelmente elevados nas primeiras horas de moagem, como pode ser observado no gráfico da Figura 4.

Ainda não é possível comparar os resultados obtidos neste trabalho com o método da sedigrafia porque este método ainda não foi utilizado para avaliar diferentes tempos de moagem de vidro. Assis & Ferrante (1998) estudaram técnicas de moagem de vidro utilizando microscopia e processamento de imagens, apresentando uma boa correlação com os resultados do presente trabalho, mas a técnica da microscopia não permite a obtenção da curva contínua de distribuição de tamanhos de partículas.

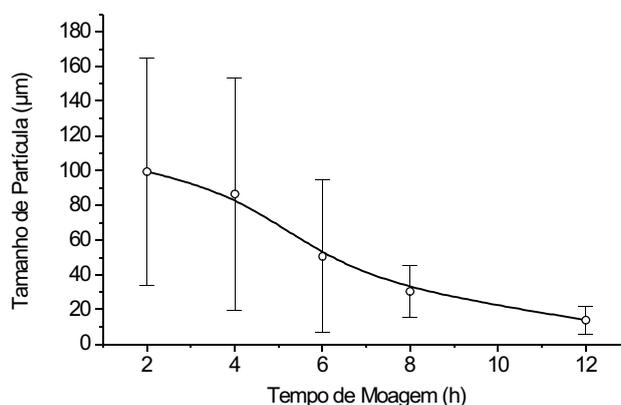


Figura 4 - Evolução do tamanho de partículas em função do tempo de moagem (segundo análises geradas pelo analisador granulométrico). As barras verticais representam o desvio padrão do valor mais freqüente obtido para cada amostra.

As medidas realizadas pelo analisador granulométrico automatizado em pós de vidro obtidos por moagem indicam eficiência deste sistema em avaliação de distribuição de tamanhos de pós inorgânicos de diversas origens.

Referências Bibliográficas

- ASSIS, O.B.G. ; FERRANTE, M. Processamiento de membranas sinterizadas vítreas por la técnica de llenado para aplicaciones en microfiltración. In: IBEROAMERICAN CONFERENCE ON MATERIALS - V IBEROMET, 5., SEPT. 1998, Rosario, Argentina. **Proceedings...** No prelo.
- DIVINO, G.; ASSIS, O.B.G.; VIEIRA, D.C. Desenvolvimento de filtros vítreos de baixo custo de interesse à agroindústria. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 2., 1998, São Carlos, SP. **Anais do II SIAGRO**. São Carlos: EMBRAPA-CNPDI, 1998. Aceito para publicação.
- DOREMUS, R.H. **Glass science**. New York: J. Willey, 1993.

CT/27, CNPDIA, ago/98, p.5

NAIME, J.M.; VAZ, C.M.P.; MACEDO, A. Automated soil particle size analyzer based on gamma-ray attenuation. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, 1999. Aceito para publicação.

OLIVEIRA, J.C.M.; VAZ, C.M.P.; REICHARDT, K.; SWARTZENDRUBER, D. Improved soil particle-size analysis through gamma-ray attenuation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.61, n.1, p.23-26 Jan./Feb. 1997.

VAZ, C.M.P.; NAIME, J.M.; MACEDO, A. Equipamento para determinação da textura, densidade e umidade de solos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., jul. 1997, Rio de Janeiro, RJ. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. 4p. CD-ROM.

VAZ, C.M.P.; OLIVEIRA, J.C.M.; REICHARDT, K.; CRESTANA, S.; CRUVINEL, P.E.; BACCHI, O.O.S. Soil mechanical analysis through gamma ray attenuation. **Soil Technology**, Cremlingen, v.5, p.319-325, 1992.