

# Medidas de Fluxo de Massa em Sistemas de Transporte Pneumático de Minérios Utilizando Fonte de Radiação Gama

Umberto Cassara de C. S. Siciliano e Luis Eduardo Barreira Brandão  
Instituto de Engenharia Nuclear - IEN

## INTRODUÇÃO

A medição acurada do fluxo de massa de mineiro em um mineroduto é um dado essencial para o controle adequado da operação de transporte. Foi estudada possibilidade da medida do espalhamento de radiação gama na determinação de fração de massa sólida em meio líquido. A concentração de pelotas de mineral que esta se deslocando no interior do mineroduto é diretamente proporcional a relação entre as fases líquida e sólida.

## OBJETIVO

O propósito é o desenvolvimento de metodologia para de medir a fração de massa e a velocidade de deslocamento dos componentes de um fluido bifásico tipo sólido/líquido visando o controle em tempo real das condições de operação de um mineroduto com o registro do sinal de radiação por dois detetores Nal instalados na linha.

## METODOLOGIA

Considerando um modelo simplificado estratificado com as fases líquida e sólida se deslocando em um duto com secção reta quadrada, conhecendo-se as dimensões e as características do duto, do fluido de transporte e do material sólido, tem-se que a intensidade do feixe de radiação gama transmitido é dada por:

$$I = I_0 \cdot \exp[-\mu_S X_S - \mu_A X_A - 2\mu_D X_D] \quad (1a)$$

Onde:

$I_0$ - Intensidade de fótons na fonte

$I$ - Intensidade de fótons transmitidos

$\mu$ - coeficiente de absorção de massa

$X$  – espessura do meio ( A-Água, S-sólido, D-Duto)

Para medir-se a velocidade de arraste das partículas sólidas no meio foi empregada a técnica de Função Cross-Correlation, FCC, para o caso dos sinais dos detectores temos:

$$R_{xy} = x(t) \otimes y(t) = \frac{1}{T} \int_0^T x(t - \tau) \cdot y(t) dt$$

Onde:

$x(t)$  – sinal registrado pelo primeiro conjunto fonte – detector, região 1

$y(t)$  – sinal registrado pelo segundo conjunto fonte – detector, região 2

$\tau$  – deslocamento no tempo

O gradiente de tempo entre os dois sinais registrados pelos detectores 1 e 2 é dado pelo ponto de máximo da FCC, assim se “L” for a distância média entre os planos de medida da região 1 e 2, então a velocidade de arraste é dada por:

$$v = \frac{L}{\tau_{Max}} \quad (11)$$

com  $\tau_{Max}$  – máximo da  $R_{xy}(\tau)$

## RESULTADOS

Foram estudados diferentes posições do detector cintilador (180°, 135°, 90° e 45°), duto de 5” de diâmetro, fonte de  $^{137}\text{Cs}$  e detector Nal de 2”. As Fig 7<sup>a</sup>-7<sup>d</sup> mostram o espectro simulado para cada condição

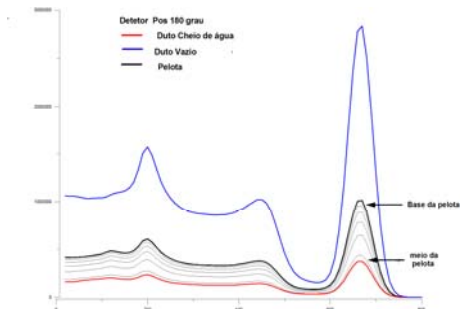


Fig. 7-a – Espectro da fonte de  $^{137}\text{Cs}$  para o detector a  $180^\circ$ .

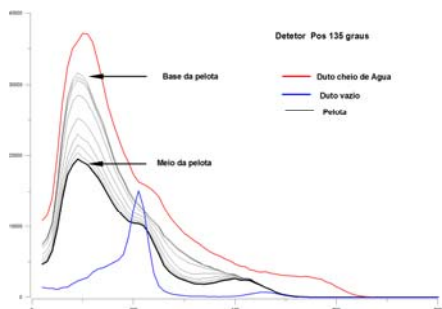


Fig. 7-b – Espectro da fonte de  $^{137}\text{Cs}$  para o detector a  $135^\circ$ .

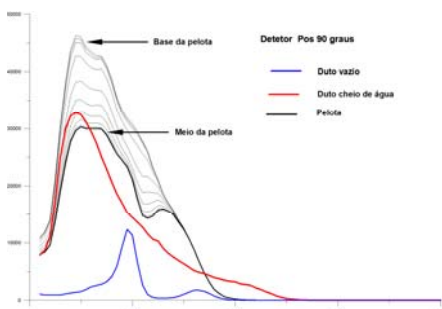


Fig. 7-c – Espectro da fonte de  $^{137}\text{Cs}$  para o detector a  $90^\circ$ .

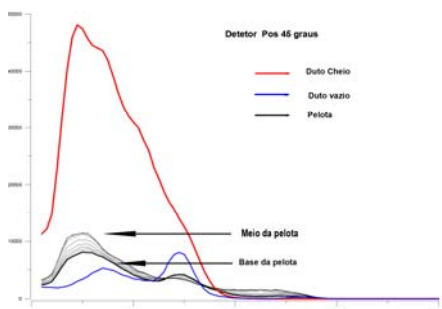


Fig. 7-d – Espectro da fonte de  $^{137}\text{Cs}$  para o detector a  $45^\circ$ .

Para a medida da velocidade de arraste foi simulado a movimentação da pelota se deslocando com velocidade constante de

5.0 cm/s e foi calculada a taxa de contagem no detector. O resultado da função cross-correlation e mostrado na figura-8.

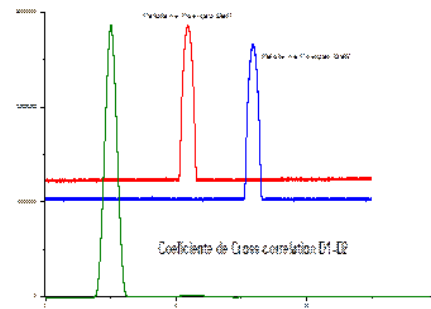


Fig. 8 – Espectro do feixe transmitido da fonte de  $^{137}\text{Cs}$  quando da passagem da pelota de mineral pelos detetores.

## CONCLUSÃO

Analisando a função cross-correlation nota-se que o máximo da função ocorre justamente no tempo igual a 5 segundos, o tempo fixado na simulação. Varias simulações foram realizadas para diferentes tempos e velocidades de deslocamento, em todos o valor do Maximo da função foi idêntico ao valor do tempo pré-fixado demonstrando a validade do método.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Which Physical Quantity of Turbulent Structures is Measured in Cross Correlation Flow meters, Proceedings, XVII IMEKO World Congress, June 22 – 27, 2003, Dubrovnik, Croatia
- [2] New design of the two-phase flowmeters, P. Bene, K. Zehnula, Sensors and Actuators 86 ,2000. 220–225
- [3] Investigation into the application of cross-correlation analysis on acoustic backscattered signals from suspended sediments , Peter D. Thorne, Peter J. Hardcastle, Jacqui W. Dolby Continental Shelf Research 18 (1998) 695 - 714