

ESTUDO DE SISTEMA DE MEDIDAS USANDO RADIAÇÃO BETA PARA DETERMINAÇÃO DE DIFERENTES GRAMATURAS DE PAPEL

Thais Molina Vieira* e Tufic Madi Filho**

*Universidade Cruzeiro do Sul (UNICSUL) - Programa PIBIC tmvieira@net.ipen.br

**IPEN/CNEN-SP - Divisão de Física de Reatores : tmfilho@net.ipen.br
Cidade Universitária, Travessa R, 400 CEP: 05508-900 – São Paulo - SP - Brasil

*,**Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN/SP
Caixa Postal 11049 - Pinheiros - São Paulo - Brasil

RESUMO

Os radioisótopos são atualmente utilizados em vários setores da indústria. Na área de controle de qualidade, são usados em análise não destrutiva (NDA). A análise não destrutiva é utilizada no exame de materiais, para verificar a sua adequação aos padrões exigidos pelas normas técnicas ou pelo mercado. Para realizar uma NDA, métodos que utilizam emissores de radiação gama, beta ou neutrons podem ser aplicados, dependendo do material a ser analisado e do processo industrial. Nesse trabalho elaborou-se o estudo de um sistema de medidas aplicado à área de controle de qualidade que utiliza, na avaliação do material em teste, fonte radioativa de emissor beta.. Foi projetado e montado um sistema utilizando um detector plástico cintilador desenvolvido nos laboratórios do Centro de Tecnologia das Radiações do IPEN-CNEN/SP. Nos testes operacionais do sistema foram utilizadas duas fontes de emissores beta: a) $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ e b) ^{204}Tl . Foram realizadas medidas utilizando várias amostras de papel, de diferentes gramaturas. Com os resultados obtidos, foi estabelecida uma equação correlacionando a atividade relativa com a gramatura.

INTRODUÇÃO

Uma das vantagens dos métodos que utilizam fontes radioativas é que eles permitem a análise não destrutiva (NDA) e podem ser usados com equipamento para medidas diretas sem a necessidade de extrair amostras do material analisado ou provocar interferências no processo produtivo [1]. A combinação da radiação beta com detector plástico cintilador é particularmente satisfatória para este propósito.

A transmissão de radiação tem sido usada com sucesso na medida de densidades de folhas de metal, do nível de combustível em recipientes, da densidade de combustíveis, e na análise de sistemas de duas fases [2].

Nesse trabalho é apresentado um sistema de medidas que usa fonte radioativa emissor beta para análise por

transmissão da radiação nuclear através do material ensaiado. A montagem desse sistema permite simular o método de controle de qualidade aplicado na Indústria de Celulose e Papel, para controle da gramatura (g/m^2) do papel a ser produzido.

A densidade superficial (massa por unidade de área) dada em mg/cm^2 ou em g/m^2 [3, 4], é denominada na indústria de celulose e papel pelo termo gramatura, sendo medida em g/m^2 . Assim, a gramatura expressa a massa por unidade de área do papel. Várias outras propriedades são influenciadas pela gramatura, tais como: espessura, opacidade, desempenho durante a impressão e nas operações pós-impressão. Quando se analisam os aspectos econômicos do produto impresso, a importância da gramatura aumenta, visto que o papel é comercializado por peso e o produto impresso por área impressa [5].

MATERIAIS E MÉTODOS

O detector utilizado no sistema de medidas foi produzido nos laboratórios do Centro de Tecnologia das Radiações do IPEN-CNEN/SP conforme descrito por Hamada e col.[6]. O detector plástico cintilador utilizado tem 50mm de diâmetro e 3mm de espessura. O detector foi acoplado a uma fotomultiplicadora RCA modelo 8575 com graxa de silicone de 1McStokes, baseando-se na análise feita por Hamada e col.[7]. O sistema de medidas detector - eletrônica utilizada é apresentado na Figura 1. Os equipamentos eletrônicos conectados à fotomultiplicadora são produtos ORTEC. O arranjo foi montado usando uma blindagem de chumbo com gavetas na qual foram posicionadas as amostras analisadas, o sistema de medidas é apresentado na Figura 2.

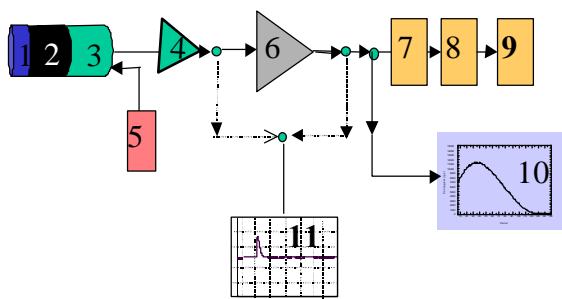


Figura 1 – Esquema do detector e eletrônica associada – (1) Detector, (2) Fotomultiplicadora modelo 8575, (3) Base para fotomultiplicadora modelo 265, (4) preamplificador modelo 113, (5) Fonte de alta tensão modelo 456, (6) Amplificador modelo 571, (7) Monocanal modelo 445, (8) Temporizador modelo 773, (9) Contador modelo 772, (10) Sistema multicanal micro PC com ADC modelo 919, (11) Osciloscópio Tektronix TDS 220.

Medidas. A condição de operacionalidade do sistema de medidas foi verificada com a obtenção do espectro beta das fontes radioativas utilizadas, e utilizando o teste χ^2 e o teorema do limite central avaliou-se o desempenho do sistema de medidas [8]. Para a realização das medidas de gramatura, as amostras de papel foram posicionadas entre a fonte radioativa e o detector, na gaveta da blindagem de chumbo, Figura 2. Foram utilizados nesse estudo amostras de papeis de diferentes gramaturas. A gramatura das amostras de papel, analisadas são apresentadas na Tabela 1.

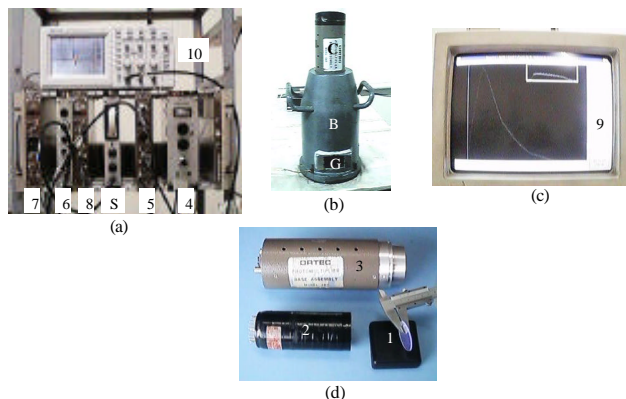


Figura 2 - Sistema para medida das amostras de papel – (a) Eletrônica associada: 4) Fonte de alta tensão, 5) Amplificador, S) “Scaler”, 6) Monocanal, 7) Temporizador, 8) Contador; (b) Arranjo, C) Conjunto: detector, fotomultiplicadora, base para fotomultiplicadora, B) Blindagem de chumbo com: G) gaveta para posicionamento do papel; (c) Multicanal, 9) Tela do multicanal; (d) Conjunto: 1) Detector plástico cintilador, 2) Fotomultiplicadora, 3) Base para fotomultiplicadora

TABELA 1 – Gramatura das amostras de papel

Gramatura (g/m ²)		
35	63	180
50	70	240
53	75	245
54	90	290
56	146	295
60	150	

RESULTADOS e CONCLUSÕES

Os valores de χ^2 obtidos usando as fontes de emissores betas, ²⁰⁴Tl e ⁹⁰Sr/⁹⁰Y, cujas características são apresentadas na Tabela 2, indicam que o sistema está em perfeitas condições de operação.

Nas figuras 3 e 4 são apresentados os espectros betas das fontes ⁹⁰Sr/⁹⁰Y e ²⁰⁴Tl. Pode-se notar que os espectros apresentados são contínuos em energia como os espectros beta descrito na literatura [3, 4, 8].

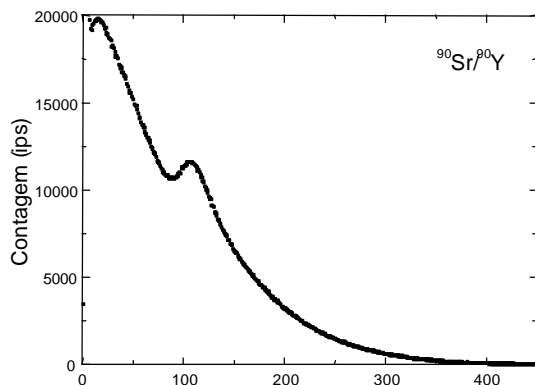


Figura 3 – Espectro beta - fonte $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$.

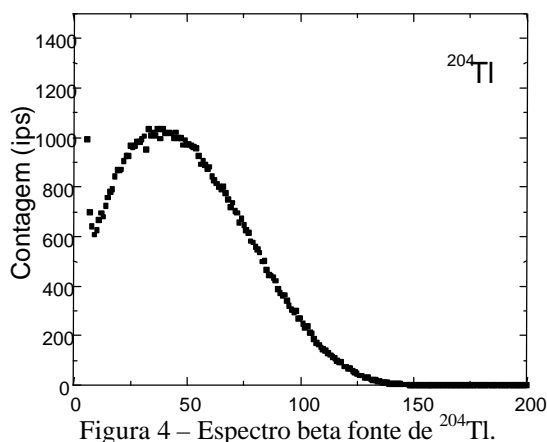


Figura 4 – Espectro beta fonte de ^{204}Tl .

De modo geral, das curvas de transmissão de radiação beta pode-se determinar, um parâmetro empírico simples para caracterizar a absorção. Isso deve-se ao fato de que a parte da curva que caracteriza a absorção é aproximadamente exponencial. Isto implica que se N_0 partículas beta incidem por segundo em uma folha de um material de espessura x , então o número N que emerge por segundo do outro lado é aproximadamente determinado pela fórmula $N = N_0 e^{-\mu x}$, onde μ é o coeficiente de absorção, que é uma característica particular do grupo de partículas beta incidentemente. Esse coeficiente é quase sempre independente do material de absorvedor se x é medido em unidades de g/cm^2 e conseqüentemente μ em unidades de cm^2/g . O parâmetro $d_{1/2}$, meia-espessura que é a espessura de material necessária para reduzir N_0 a $N_0/2$, permite a obtenção direta do μ , pois, $d_{1/2} = (\ln 2)/\mu$. [9]. Na Figura 5 é apresentada a curva da gramatura versus contagem, usando fonte de ^{204}Tl . Para os dados obtidos foi ajustada uma equação exponencial da qual obtemos como coeficiente de absorção (μ em m^2/g) para as amostras analisadas o valor de $\mu = 0,00231 \pm 0,00011$ (m^2/g). Assim, a equação exponencial ajustada é dada por:

$$N = 4442 + e^{-0,00231 \cdot x}$$

Na Figura 6 é apresentada a curva da gramatura versus contagem, usando fonte de $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$. Para os dados obtidos foi ajustada uma equação exponencial da qual obtemos

como coeficiente de absorção (μ em m^2/g) para as amostras analisadas o valor de $\mu = 0,00073 \pm 0,00004$ (m^2/g). Assim, a equação exponencial ajustada é dada por:

$$N = 12663 + e^{-0,00073 \cdot x}$$

Com os valores de μ determinados para as fontes de ^{204}Tl e $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, calculou-se o $d_{1/2}$, em mg/cm^2 , para comparar com o valor da literatura [4]. A Tabela 3 apresenta a comparação entre os valores obtidos neste trabalho e o publicado.

TABELA 2 – Características de alguns radioisótopos [4]

Radioisótopo	Meia-Vida	Energia da Radiação Emitida	Meia-Espessura, mg/cm^2
$^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$	28 anos	0,545-Mev β^- (100%)	90
		2,26-Mev β^- (100%)	
		1,734-Mev γ (0,02%)	
^{204}Tl	3,6 anos	0,764-Mev β^- (98%)	28,5
^{147}Pm	2,6 anos	0,225-Mev β^- (100%)	5
^{85}Kr	10,3 anos	0,672-Mev β^- (99%)	23,5
		0,159-Mev β^- (0,65%)	
		0,513-Mev γ (0,65%)	

Tabela 3 – Comparação dos valores determinados com os da literatura

Radioisótopo	Meia-Espessura, mg/cm^2 (Este Trabalho)	Meia-Espessura, mg/cm^2 (Publicado) [4]
^{204}Tl	$30,0 \pm 1,3$	28,5
$^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$	$94,95 \pm 5,2$	90

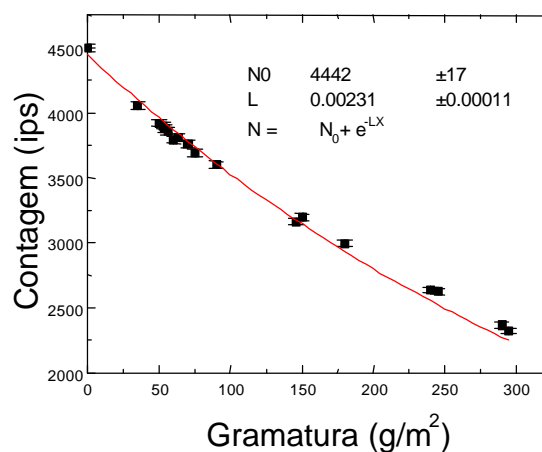


Figura 5 – Gráfico da contagem versus gramatura, usando fonte de ^{204}Tl . Os pontos do gráfico representam os valores experimentais com a barra de erro das contagens.

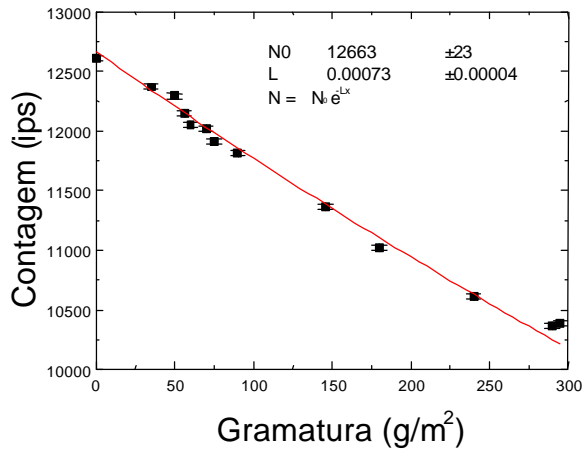


Figura 6 – Gráfico da contagem versus gramatura, usando fonte de $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$. Os pontos do gráfico representam os valores experimentais com a barra de erro das contagens.

Dos resultados obtidos pode-se concluir que o sistema montado está em perfeitas condições de uso. Apresenta resultados concordantes com a literatura, como pode ser visto nas figuras 3, 4, 5, 6 e na tabela 3.

A indústria de celulose e papel, geralmente usa como emissor beta o ^{85}Kr e o ^{147}Pm por apresentarem uma menor $d_{1/2}$ (Tabela 2) em função da menor energia da radiação beta emitida. Essa menor energia beta torna o sistema mais sensível à variação da gramatura do papel. Uma das vantagens do uso da transmissão beta é que a análise é feita independente da cor, textura ou estado do papel analisado, pois como já afirmado anteriormente, a medida de densidade superficial é quase sempre independente do material absorvedor. A indústria usa como sensor beta um detector tipo câmara de ionização por apresentar maior resistência mecânica e menor sensibilidade à variação de temperatura do que detectores cintiladores que necessitam de fotomultiplicadoras. A Figura 7 apresenta um sistema de detecção da Honeywell

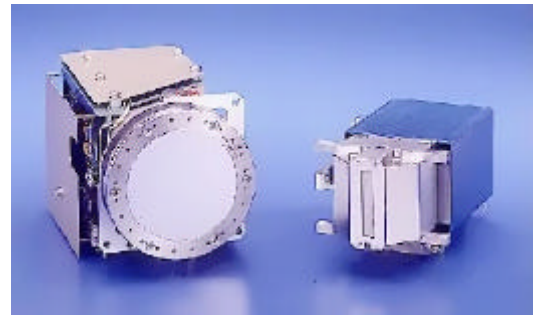


Figura 7 – Câmara de ionização e irradiador beta – “Precision Basis Weight Sensor 4202” da Honeywell

A câmara de ionização e o irradiador beta apresentados na Figura 7 são usados em um sistema de varredura, para medidas “on-line” durante o processo de produção como o sistema apresentado na Figura 8.



Figura 8 – Sistema de medida de gramatura “on-line”. Da Vinci™ Precision Platform 4000 da Honeywell

A Figura 9 apresenta um sistema de varredura para medida da gramatura de papel instalado em uma fábrica de celulose e papel em São Paulo.

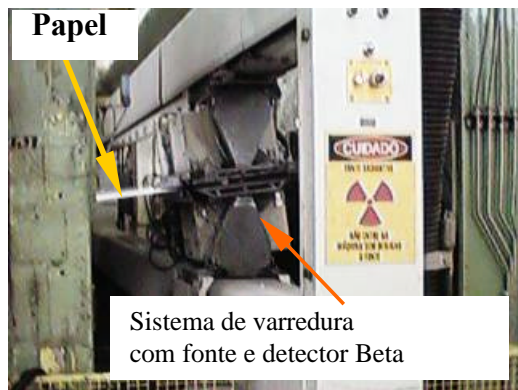


Figura 9 – Sistema de varredura. O papel passa entre a fonte e o sensor.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem à Diretoria de Reatores e ao Centro de Engenharia Nuclear do IPEN-CNEN/SP pelo uso o laboratório e Experimentação Nuclear, no qual foram realizados os experimentos. Ao Centro de Tecnologia das Radiações na pessoa da Dra. Margarida M. Hamada pelo fornecimento do detector plástico cintilador. À Universidade Cruzeiro do Sul (UNICSUL) e ao CNPq pelo apoio financeiro.

ABSTRACT

Radioisotopes are used now in some areas of the industry. For quality control purposes, they are used in non-destructive analysis (NDA) which is applied to the materials examination verifying if they are adequate to the patterns demanded by technical rules or the market. Gamma, beta or neutron radiation sources may be used to do NDA, depending on material to be analyzed and the industrial process. In this work, the study of measurement system applied to quality control area was conceived and, in the evaluation of the material in test, a radioactive beta source was used. A system was designed and mounted, using a plastic scintillator detector developed in the laboratories of the “Centro de Tecnologia das Radiações do IPEN-CNEN/SP”. Two beta sources were used in the operational test: a) $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ e b) ^{204}Tl . Measures were obtained using several paper samples with different superficial density in g/m^2 . With the results, an equation correlating the relative activity with the superficial density in g/m^2 was established.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1	ERWALL, L. G.; FORSBERG, H. G. AND LJUNGGREN, K. Industrial Isotope Techniques – Munksgaard, Copenhagen, Denmark 1964-
2	CHOPPIN G.R., RYDBERG J. Nuclear Chemistry Theory and Applications – ed. Pergamon Press 1980).
3	TSOULFANIDIS N. Measurement and Detection of Radiation – Taylor & Francis Publishers 1995
4	GARDNER, R. P. AND ELY, R.L. Jr. Radioisotope Measurement Applications in Engineering Reinhold Publishing Corporation 1967.
5	SÉRGIO ROSSI Propriedades do papel de impressão — Editor – revista do mercado editorial – novembro/dezembro de 1999
6	HAMMADA, M.M.; MESQUITA C.H. Preparação de detectores plásticos cintiladores e caracterização dos parâmetros físico-químicos . São Paulo. 1988 (IPEN- Pub- 216)
7	HAMMADA, M.M.; Madi F ^o , T.; MESQUITA C.H Estudo do acoplamento óptico de detectores plásticos cintiladores: avaliação de diferentes produtos de silicone. In: CONGRESSO GERAL DE ENERGIA NUCLEAR, 3 ^o , 22-27 JUNHO, 1990, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Energia Nuclear, 1990, v. 3, p. 18
8	KNOLL, G. F.; Radiation detection and measurement. 2 ed. John Wiley & Sons. 1986
9	DELANEY C.F.G., FINCH, E. C. Radiation Detectors – Oxford Science Publications- 1992.