

USO DE FOTODIODOS DE Si EM ESPECTROSCOPIA DE ALTA RESOLUÇÃO DE EMISSORES ALFA

Carmen C. Bueno^{1,2}, Damy de S. Santos^{1,2}, Josemary A.C. Gonçalves¹

¹Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN/CNEN-SP, C.P. 11049, 05499-970, São Paulo, SP, Brasil

²Pontifícia Universidade Católica de São Paulo — PUC/SP

Abstract

Studies on the use of silicon photodiodes, for alpha particles spectroscopy, are presented in this paper.

Using Siemens SFH00206, pin photodiodes, as detectors, measurements of the ²⁴¹Am alpha energy spectra were made at room temperature under 10^{-5} mmHg pressure, as a function of the reverse bias.

The obtained results, FWHM = 25,2 keV, show that these photodiodes are comparable in performance at room temperature with the best silicon detectors available, which are considerably more expensive.

Introdução

Detectores semicondutores do tipo barreira de superfície têm sido empregados desde 1960 em espectroscopia de partículas carregadas tendo sido possível obter-

se resoluções⁽¹⁾ em energia em torno de 16 keV (FWHM) para partículas alfa do ^{241}Am .

Recentemente, com o desenvolvimento de fotodiodos de Si do tipo PIN de características especiais, encontrou-se uma forma economicamente mais favorável para detecção e espectroscopia de radiações⁽²⁻⁵⁾. As desvantagens desses fotodiodos, como pequena espessura (inferior a $500\ \mu\text{m}$) e área útil de poucas dezenas de mm^2 , são superadas pelo seu baixo custo, facilidade de operação e baixa corrente de fuga. Estas características incentivam o seu uso em espectroscopia de radiação alfa, principalmente devido ao pequeno alcance desta no Si e a possibilidade de obtenção de resoluções em energia comparáveis às do barreira de superfície.

Neste trabalho são apresentados os estudos realizados, à temperatura ambiente, com fotodiodos comerciais de Si (Siemens-SFH00206), na detecção de radiação alfa proveniente do ^{241}Am . Esses fotodiodos foram objeto de estudo em problemas de dosimetria⁽⁶⁾ e para detecção de partículas beta individuais⁽⁷⁾, onde neste último caso foram estudadas suas propriedades nos regimes fotovoltaico e de fotocondutividade, no qual foi observado um aumento de eficiência com o emprego de uma tensão de polarização reversa.

Entretanto, os fotodiodos SFH00206 são encapsulados com uma camada de $700\ \mu\text{m}$ de plástico⁽⁸⁾ para proteção de sua superfície, dos contactos com os eletrodos e focalização da luz incidente. Essa camada pode ser atravessada por R-X de energia superior a aproximadamente 10 keV e por elétrons acima de $200\ \text{keV}$ ⁽⁹⁾, mas não permite sua utilização para detecção de partículas alfa. Em sendo assim, para utilizar este fotodiodo na espectroscopia dessa radiação, se fez necessária a retirada desta camada de plástico, evitando o ataque químico da superfície do Si pela solução utilizada e sem desfazer o contacto elétrico.

É possível utilizar esses fotodiodos modificados como detectores de radiação alfa bem como um detector praticamente pontual de nêutrons através de reações (n, p) , (n, α) e (n, f) , mas também, sobretudo, em problemas de espectroscopia alfa tendo em vista o seu emprego no estudo de reações nucleares. Com esta finalidade pretende-se construir detectores portáteis, capazes de serem utilizados para prospecção geológica, onde permitirão, *in loco*, uma identificação dos minérios toríferos e uraníferos.

Método experimental e resultados obtidos

A fim de evitar a absorção das partículas alfa na camada de plástico que protege a lâmina de Si, desenvolveu-se um método para a sua remoção através do uso de um solvente adequado sem propiciar uma alteração nas propriedades da superfície do Si bem como evitar o rompimento dos contactos metálicos com as faces do fotodiodo. Uma vez escolhido o solvente, procedeu-se a retirada da camada de plástico tomando o cuidado de garantir a robustez mecânica necessária à sua montagem como detector. A corrente de fuga do fotodiodo desencapsulado foi medida utilizando-se um eletrômetro digital (Keithley), tendo-se obtido 0,2 nA sem tensão de polarização. Este valor está dentro das especificações do fabricante indicando que no processo de retirada da camada de plástico não afetou-se as propriedades do fotodiodo. Desta forma, iniciou-se à sua montagem como detector, acoplando-o a um pré amplificador sensível à carga, previamente projetado para esse fim.

As condições de resposta do fotodiodo para radiação alfa (^{241}Am) foram estudadas analisando-se as amplitudes dos pulsos em função da tensão de polarização. Os resultados obtidos demonstram que a espessura da camada de depleção, mesmo sem tensão de polarização, já é suficiente para detectar as partículas alfa com 100% de eficiência.

Em seguida procurou-se construir o espectro de energia das partículas alfa do ^{241}Am colocando-se a fonte radioativa a 5 mm do detector e trabalhando em pressão de 10^{-5} mmHg e temperatura ambiente. Inicialmente sem tensão de polarização, obteve-se uma resolução em energia de 124,0 keV, a qual não é suficiente para resolver a estrutura fina das partículas alfa do ^{241}Am (Fig. 1).

Com a finalidade de estudar a possível influência da tensão de polarização na resolução encontrada, construiu-se os espectros de energia das partículas alfa para tensões de 5 V, 10 V, 15 V e 20 V. Os resultados obtidos encontram-se nas Figs. 2, 3, 4 e 5 e as resoluções encontradas de 26,7 keV, 24,9 keV, 23,12 keV e 28,01 keV, respectivamente, indicam as excelentes condições de resposta desse detector. Deve ser salientado que a resolução em energia depende, entre outros fatores, da espessura da camada de depleção, da capacidade do detector bem como da intensidade da corrente de fuga, e todas são afetadas pela tensão de polarização, devendo,

portanto, existir uma tensão reversa para a qual a resolução encontrada é a melhor possível. Os resultados acima mostram que o melhor valor encontrado para a resolução ocorre para a tensão igual a 15 V.

A linearidade de resposta do fotodiodo foi verificada, em seguida, construindo-se, nas mesmas condições experimentais, o espectro de energia das partículas alfa do ^{148}Gd (Fig. 6). A resolução em energia encontrada, de 40,36 keV, indica a boa condição de resposta do fotodiodo, o que pode ser inferido através Fig. 7 que representa a linearidade do detector na resposta à radiações alfa de diferentes energias.

Por outro lado, como a espectroscopia de radiação alfa tem sido frequentemente realizada empregando detectores de barreira de superfície, comparou-se a resposta obtida com o fotodiodo para o ^{241}Am aquela devida a um detector de barreira de superfície (Ortec: CA-019-300-100) polarizado com 70 V. A resolução encontrada, de 32,44 keV, é comparável com a do fotodiodo e indica a boa condição de resposta do nosso detector. A contribuição do ruído eletrônico na resolução em energia obtida com o detector de barreira de superfície foi verificada utilizando um gerador de pulsos e a resolução de 25 keV indica que o ruído eletrônico do sistema deve ser melhorado.

Conclusão

Os resultados obtidos demonstraram que os fotodiodos de Si do tipo SFH00206 (Siemens), constituem uma opção economicamente vantajosa em relação aos detectores de barreira de superfície em problemas de espectroscopia de radiação alfa. Além do baixo custo deve também ser salientado a facilidade de operação, baixa tensão de polarização, robustez e possibilidade de obtenção de melhores resoluções em energia através de uma diminuição da sua temperatura de operação.

Referências Bibliográficas

1. D. Kollwe, Nucl. Instrum. and Methods, **A254**, 637 (1987).
2. P.H. Gooda and W.B. Gilboy, Nucl. Instrum. and Methods **A255**, 222 (1987).
3. N. Markevich, I. Gertner and J. Felsteiner, Nucl. Instrum. and Methods **A269**, 599 (1988).
4. N. Markevich, I. Gertner and J. Felsteiner, Nucl. Instrum. and Methods **A269**, 219 (1988).
5. C. Storb, U. Dedek, W. Weber, and B. Lengeler, Nucl. Instrum. and Methods **A306**, 544 (1991).
6. F.A. Mello, Desenvolvimento de um dosímetro para radiação gama utilizando fotodiodo. Dissertação de Mestrado, UFPe (1988).
7. C.R. Caetano, Uso de fotodiodos de Si para detecção de partículas individuais. Dissertação de Mestrado, PUC/SP (1992).
8. Siemens, Components — Technical descriptions and characteristics for students (1986).
9. A. Dall Olio, Desenvolvimento do Programa Simul, Publicação Interna do Departamento de Engenharia Nuclear, UFPe (1988).

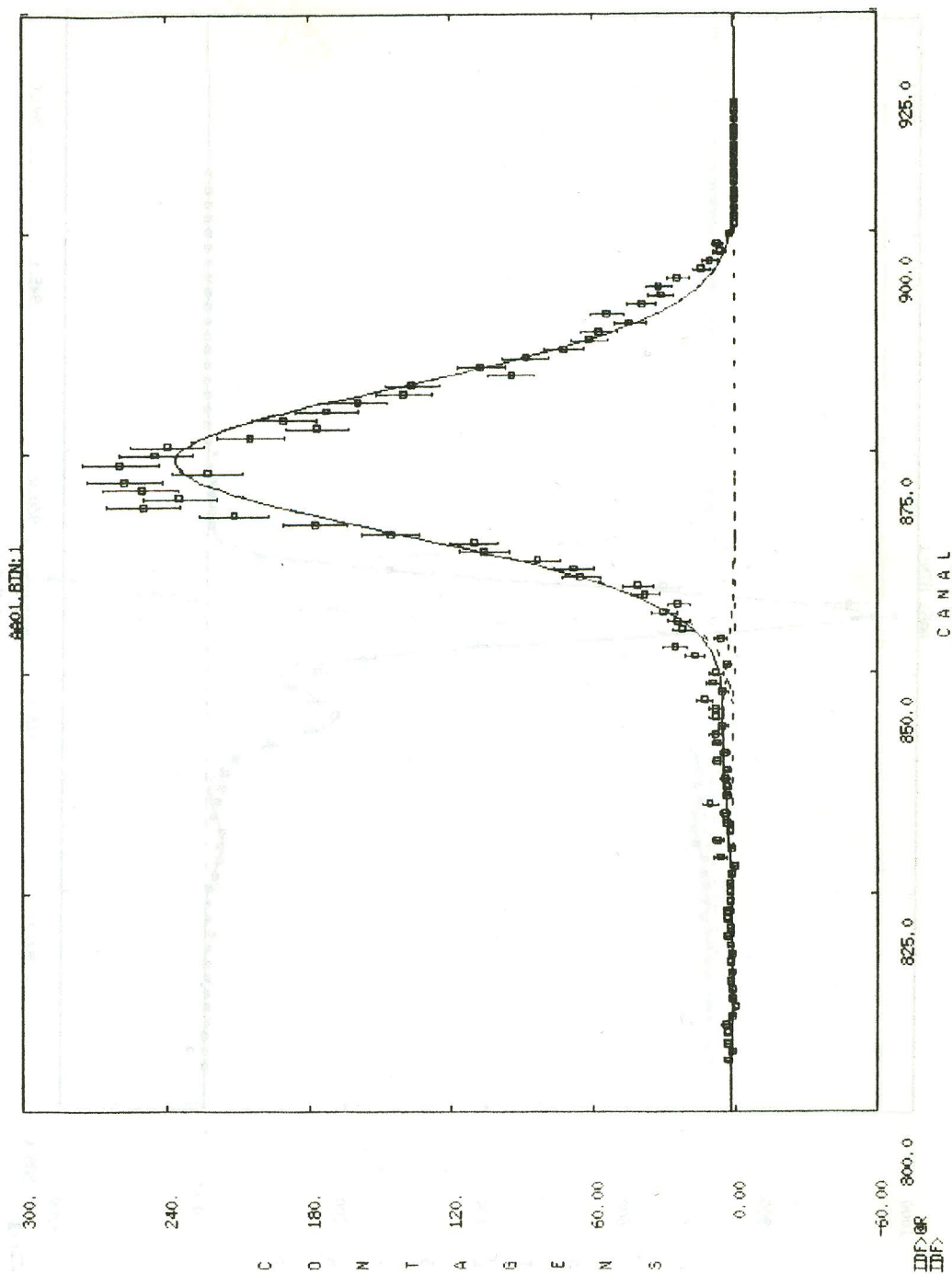


Fig. 1. Espectro de energia da radiação alfa do ^{241}Am , sem tensão de polarização.

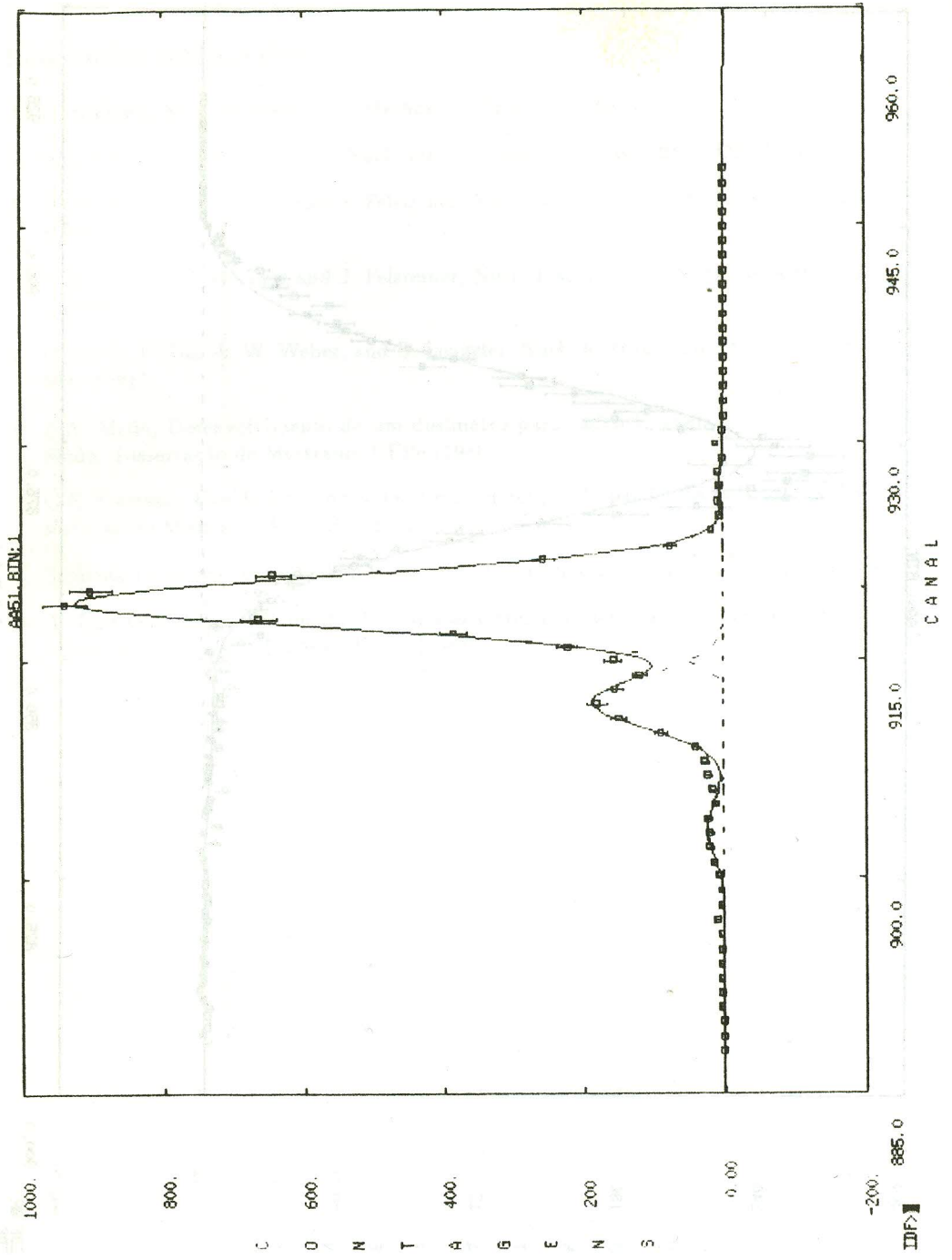


Fig. 2. Espectro de energia da radiação alfa do ^{241}Am , detector polarizado com 5 V.

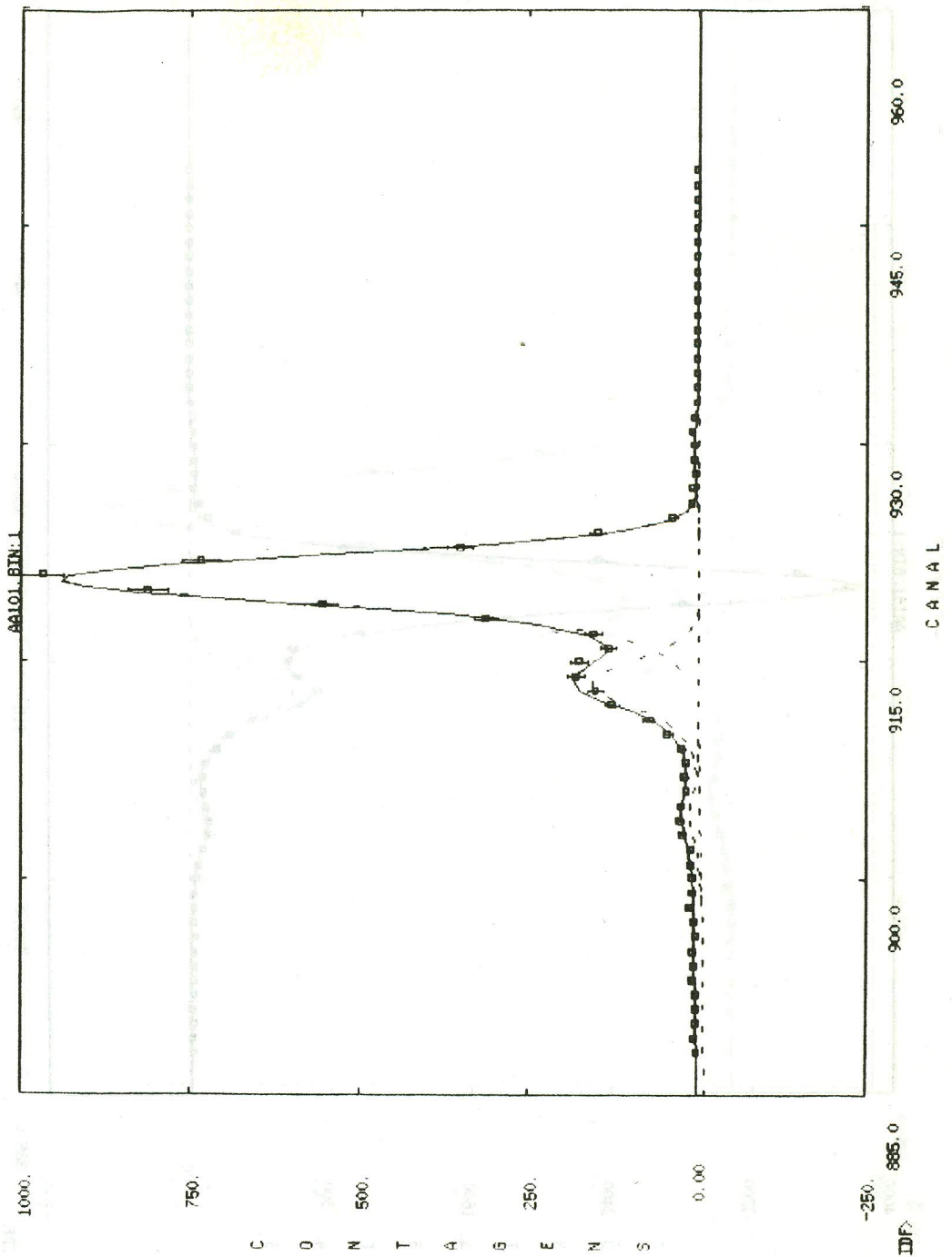


Fig. 3. Espectro de energia da radiação alfa do ^{241}Am , detector polarizado com 10 V

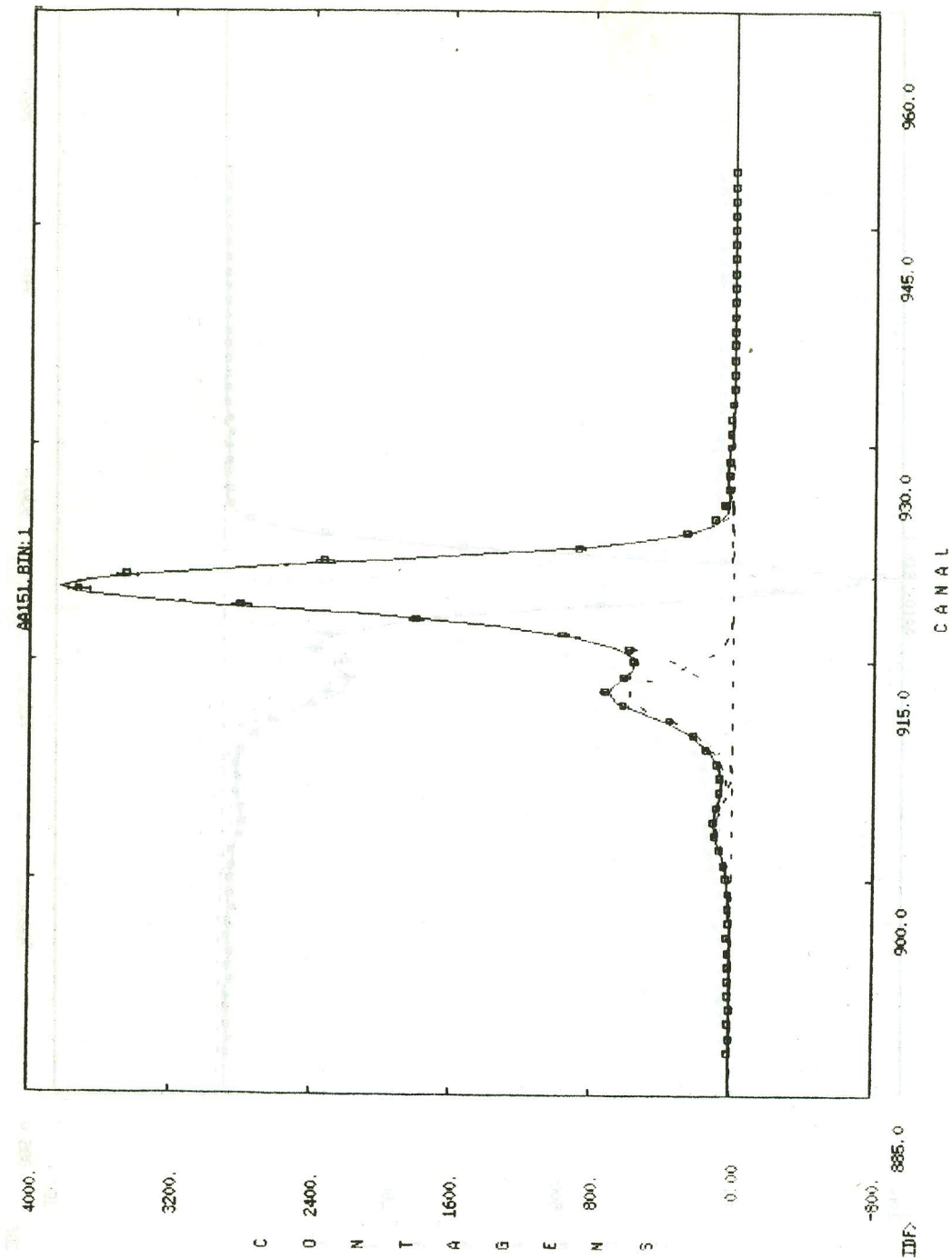


Fig. 4. Espectro de energia da radiação alfa do ^{241}Am , detector polarizado com 15 V.

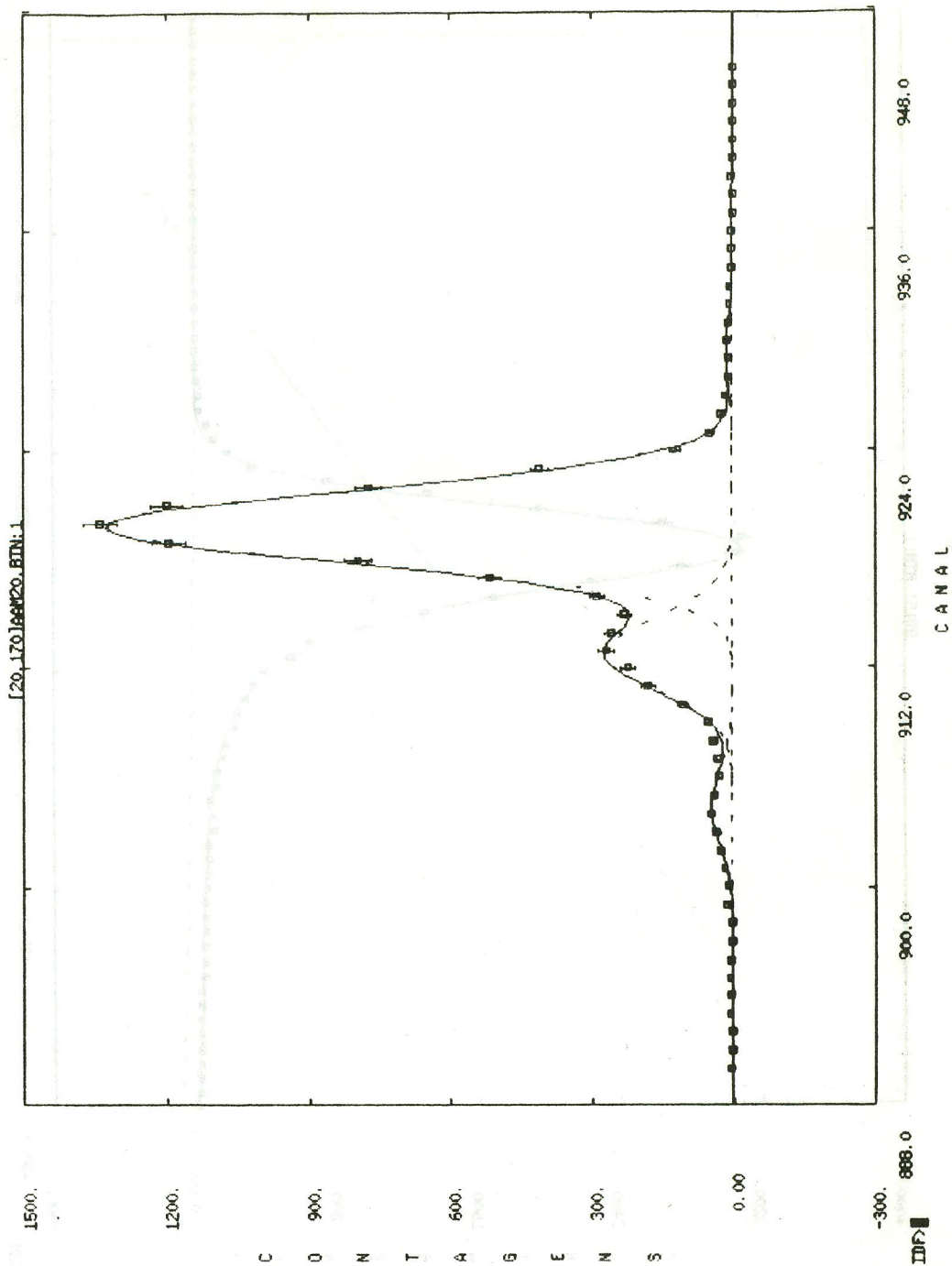


Fig. 5. Espectro de energia da radiação alfa do ^{241}Am , detector polarizado com 20 V.

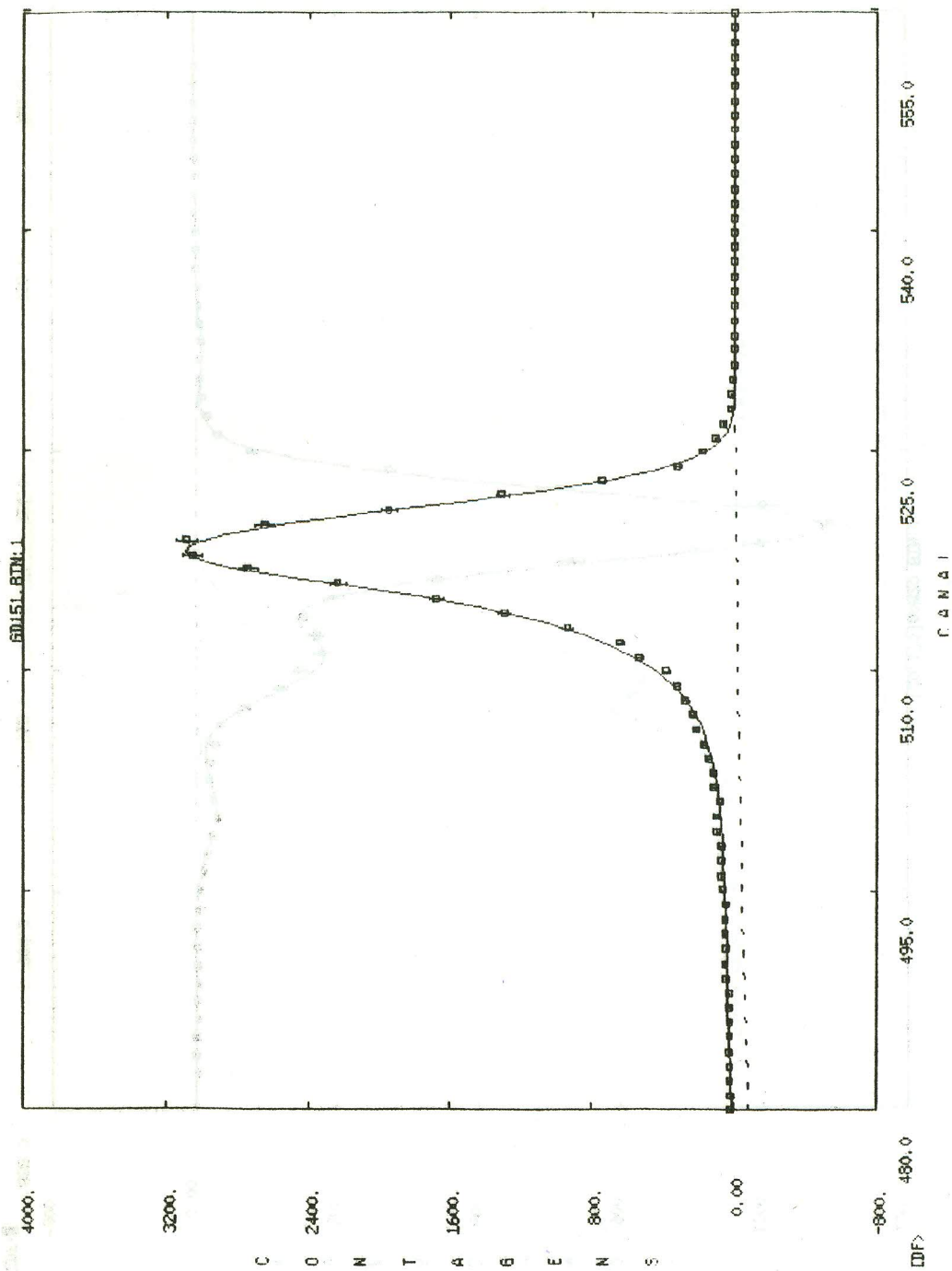


Fig. 6. Espectro de energia da radiação alfa do ^{148}Gd , detector polarizado com 15 V.

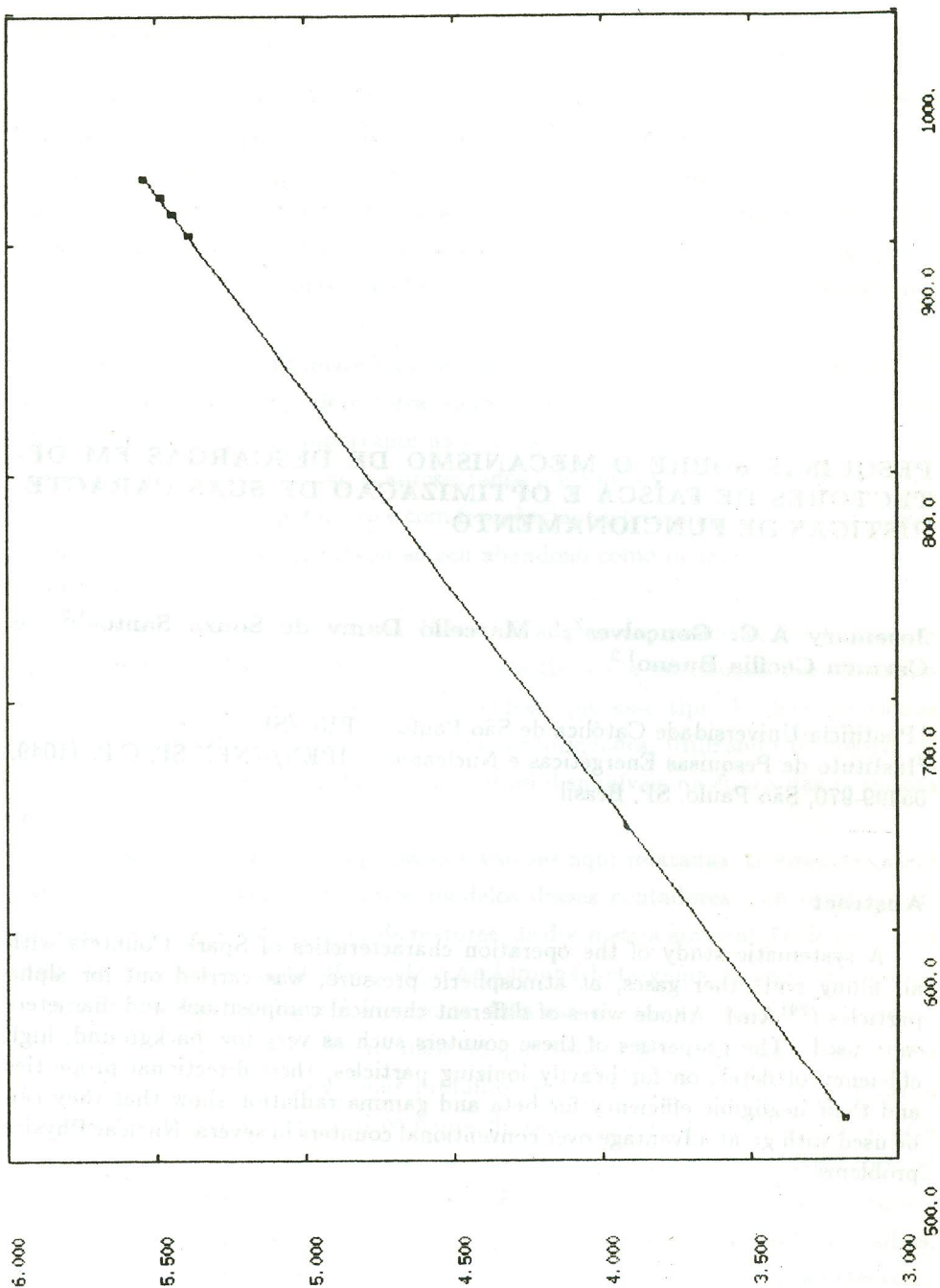


Fig. 7. Curva de linearidade de resposta do fotodiodo para partículas alfa de diferentes energias.