

Universidade Estadual de Campinas  
Instituto de Física Gleb Wataghin

# **Caracterização de um detector de partículas alfa CR-39 exposto a uma fonte de rádio**

Aluno: Leandro Marcondes Maino  
Orientador: Sandro Guedes de Oliveira



Campinas – SP  
15 de junho de 2009.  
F530 – Instrumentação I

## Resumo

Neste projeto, o objetivo principal é a caracterização de um detector de partículas alfa CR-39 exposto a uma fonte de rádio. Para tanto, foram expostos três detectores a uma fonte de rádio e depois tratados quimicamente por diferentes períodos. Dessa maneira, pôde-se analisar as amostras e delas coletar as informações necessárias para verificar que, em pelo menos um dos ataques químicos, houve a separação das energias das partículas alfa incidentes com picos bem distintos, caracterizando assim o CR-39 como espectrômetro alfa na faixa de 2,5 a 6,3 MeV.

## Introdução

CR-39, ou allyl diglycol carbonato (Figura 1), é uma marca da PPG Industries, originalmente desenvolvido pela Columbia Chemical Co. Inc. A sigla significa "Columbia Resin # 39", porque era a 39ª fórmula de um plástico termorrígido desenvolvido por volta em 1940.

A partir de 1978, de onde datam os primeiros trabalhos publicados sobre esse detector, o CR-39 passou a ser utilizado e hoje em dia, é o detector plástico de maior eficiência dentre aqueles que são comercializados.

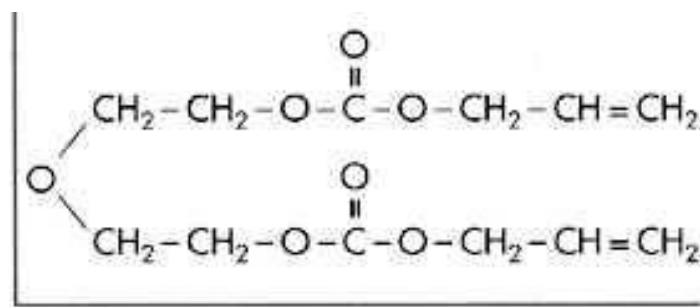


Figura 1 – CR-39.

Neste projeto, quatro detectores CR-39 foram colocados em contato direto com uma fonte de rádio e em seguida, três deles foram sujeitos a um ataque químico, onde as amostras ficaram imersas em uma solução com temperatura e concentração de reagente previamente fixados. Nesta situação, variou-se apenas os períodos que cada amostra foi atacada. Note que a quarta amostra foi deixada sem nenhum ataque químico para servir de referência caso fosse necessária alguma comparação.

Após o término dos ataques, as amostras foram limpas e levadas para análise microscópica, onde através de um software, foi possível capturar imagens das mesmas. Então, com as imagens capturadas, foram medidos os diâmetros e os níveis de cinza dos traços de todas as amostras através de um software e posteriormente, esses dados foram inseridos e tratados em outro programa, de modo a gerar histogramas dessas quantidades.

Dessa forma, foi possível encontrar a condição de tratamento químico que forneceu a melhor separação dos parâmetros característicos de cada energia de incidência das partículas alfa, como será abordado a seguir.

## Método Experimental

Para o projeto que se segue, foi utilizada uma fonte de rádio emissora de partículas alfa (Figura 2) e sem auto-absorção. As partículas alfa nesta fonte são provenientes do rádio e dos seus produtos de decaimento e tem energias de 4,8 MeV a 7,7 MeV.

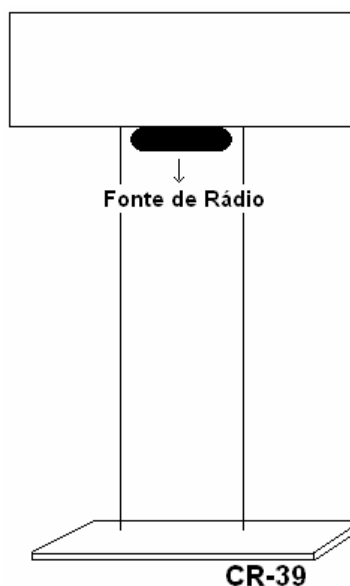


Figura 2 – Esquema da fonte de rádio.

Quatro detectores CR-39 foram expostos a essa fonte de rádio por um período de 6 segundos cada um. Três deles foram submetidos a um ataque químico em uma solução de NaOH (6,25) a uma temperatura fixa de 70 °C, variando-se apenas as durações dos tratamentos químicos, conforme mostra a Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 – Irradiação e ataques químicos

| <b>Detector</b> | <b>Irradiação (Duração)</b> | <b>Ataque Químico (Duração)</b> |
|-----------------|-----------------------------|---------------------------------|
| A184            | $6 \pm 1$ s                 | 200 min                         |
| A182            | $6 \pm 1$ s                 | 400 min                         |
| A183            | $6 \pm 1$ s                 | 600 min                         |

Após os ataques químicos, é possível notar, até mesmo visualmente que os detectores sofreram algum tipo de alteração, e então estes são levados a uma análise microscópica.

Essa análise é feita através de um microscópio óptico, em um aumento nominal de 1250 x, onde há uma câmera CCD conectada e de onde é possível fazer a captura de imagens através do software Euresys Multicam for Pico. Sendo assim, para os detectores atacados por 200 min e 400 min foram capturadas 100 imagens e para o detector atacado por 600 min, 225 imagens, de modo a fornecer uma boa estatística.

Dessa maneira, foi utilizado um software para o tratamento das imagens capturadas de nome ImageTool v3.0(UTHSCSA) e com ele, foram feitas medidas dos diâmetros e dos níveis de cinza (opacidades) de cada traço.

Com os resultados dessa análise de imagens, uma tabela de valores foi gerada e introduzida em um programa chamado OriginPro 7.5 com a finalidade de tratar esses dados e gerar histogramas dessas quantidades.

Assim, uma análise desses pôde ser feita e dela conclusões foram feitas.

## **Resultados e discussão**

As imagens capturadas em cada um dos três detectores podem ser exemplificadas com as figuras abaixo.

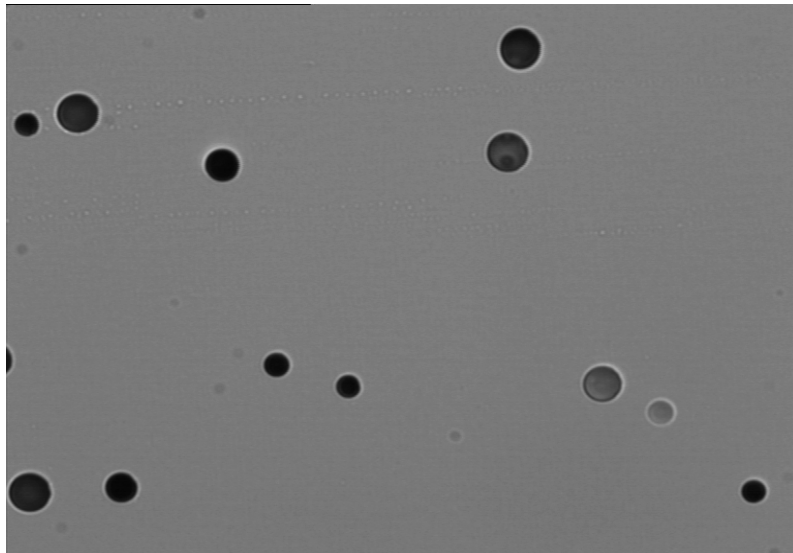


Figura 3 – Imagem detector A183, submetido a 200min de ataque químico.

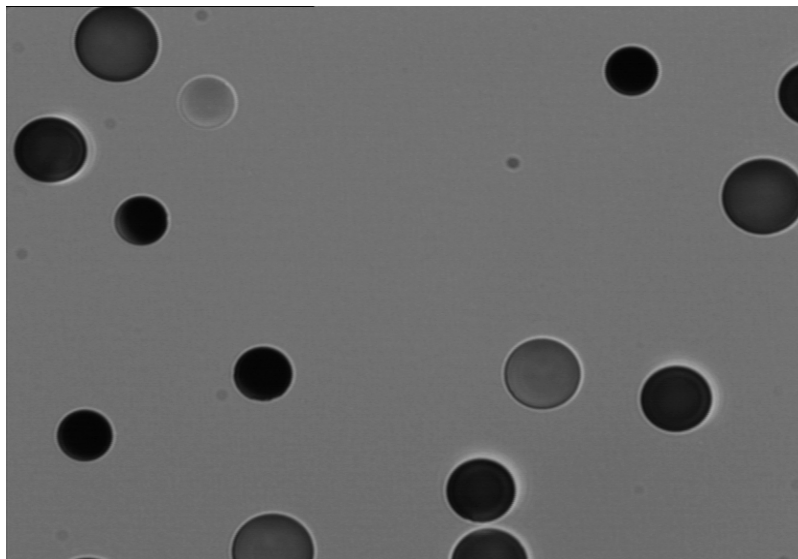


Figura 4 – Imagem detector A182, submetido a 400min de ataque químico.

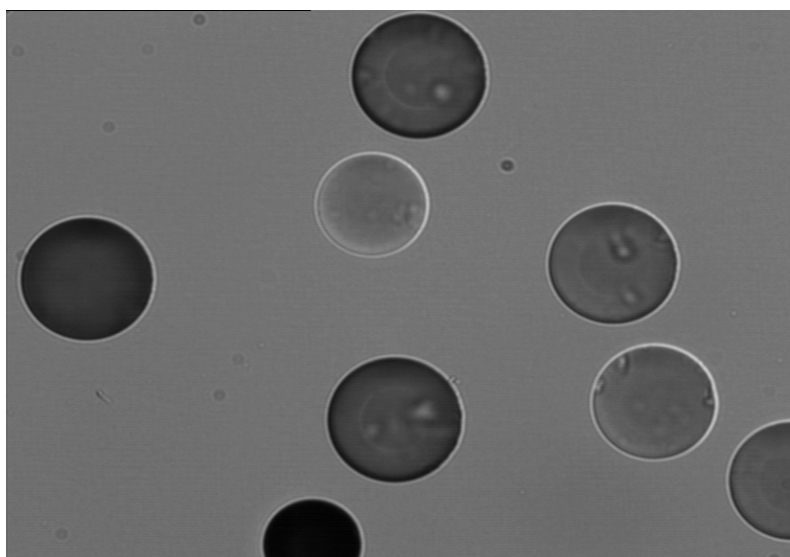


Figura 5 – Imagem detector A185, submetido a 600min de ataque químico.

Após a análise dos histogramas abaixo, gerados a partir das imagens dos três detectores submetidos a diferentes períodos de ataque químico, verificou-se que houve uma distinção quanto às energias de incidência nos detectores.

Energias essas, que foram calculadas a partir de um software de simulação das energias residuais, quando uma fonte está afastada do real local de incidência direta das partículas de radiação conforme esse caso (vide figura 2). Tal software é denominado de SRIM (Stopping and Range of Ions in Matter).

Portanto, as energias que incidiram nos detectores podem ser observadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Energias de saída e incidência.

| <b>Núcleo</b> | <b>Símbolo</b>         | <b>Energia de saída da fonte</b> | <b>Energia de incidência</b> |
|---------------|------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| Rádio 226     | $^{226}\text{Ra}_{88}$ | 4,8 MeV                          | 2,5 MeV                      |
| Radônio 222   | $^{222}\text{Rn}_{86}$ | 5,5 MeV                          | 3,5 MeV                      |
| Polônio 218   | $^{218}\text{Po}_{84}$ | 6,0 MeV                          | 4,2 MeV                      |
| Polônio 214   | $^{214}\text{Po}_{84}$ | 7,7 MeV                          | 6,3 MeV                      |

Vide abaixo os histogramas dos três detectores.

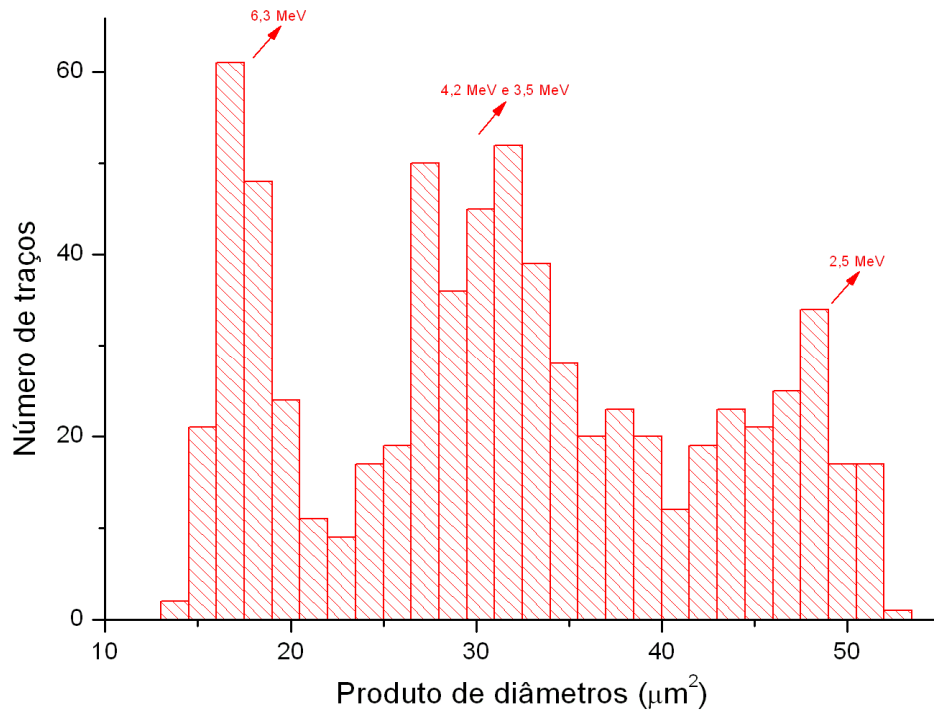


Figura 6 – Histograma do detector A184, submetido a 400min de ataque químico.

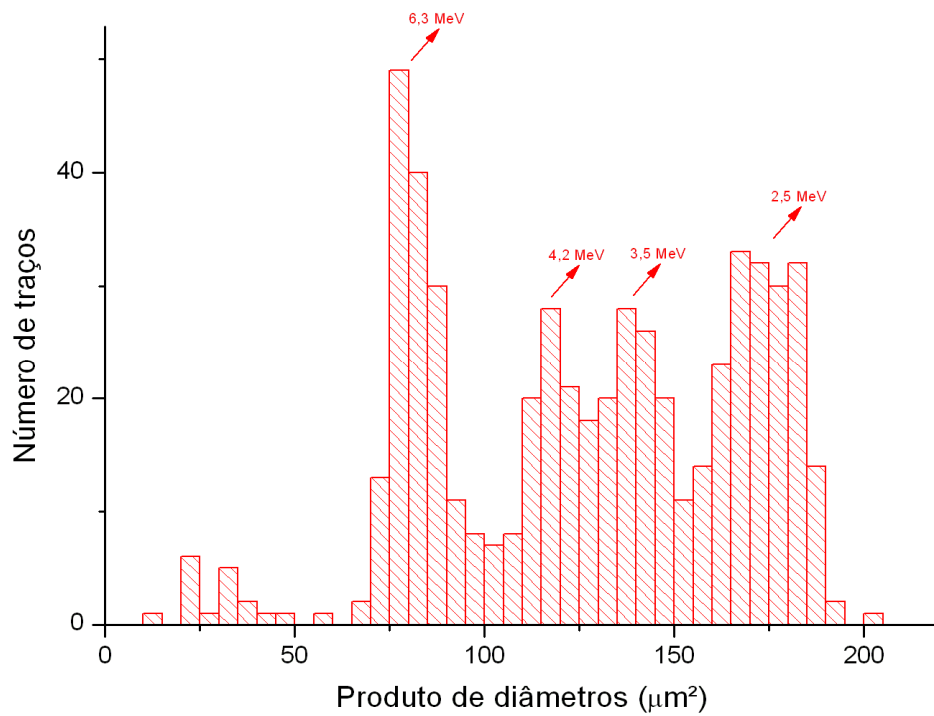


Figura 7 – Histograma do detector A182, submetido a 400min de ataque químico.

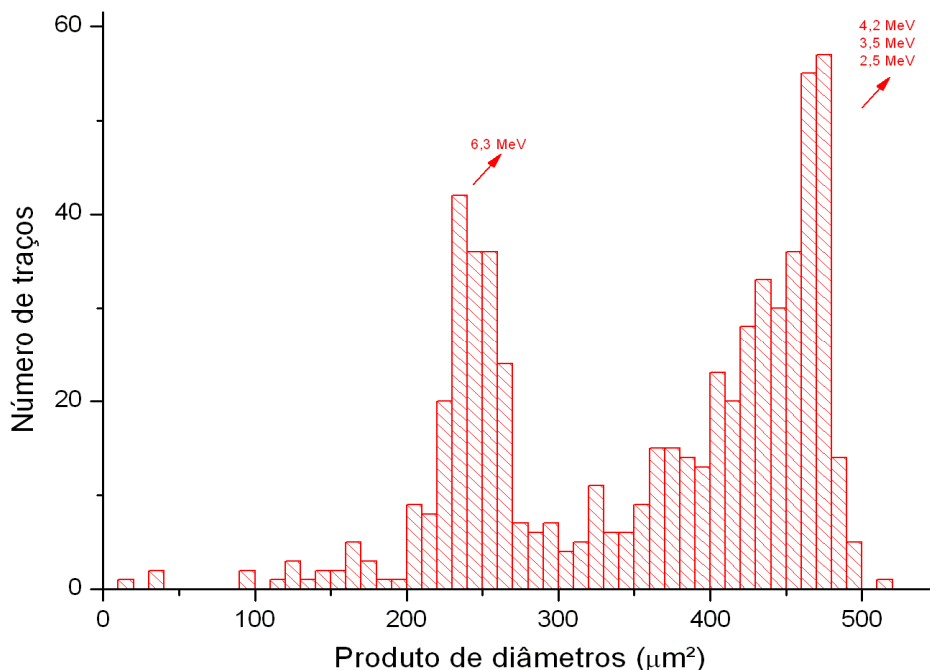


Figura 8 – Histograma do detector A183, submetido a 400min de ataque químico.

Nota-se que no histograma do detector atacado 200 minutos, há uma grande concentração de traços pequenos e de coloração muito preta, o que indica que estes traços têm as maiores energias. Observa-se que os picos de 6,3 MeV e 2,5 MeV estão bem separados, enquanto os picos de 4,2 e 3,5 MeV ainda estão misturados.

Já no detector atacado por 400 minutos, observa-se uma boa separação entre todas as energias das partículas incidentes.

No detector atacado por 600 minutos, o pico corresponde à energia de 6,3 MeV continua bem separado, mas outros três picos se misturam.

As figuras abaixo (de 9 até 11) mostram as diferenças em nível de cinza para os traços de menor área. Nota-se que a maioria dos traços são escuros (menor nível de cinza), de forma que pode-se garantir que são de fato devidos a partículas incidentes com maior energia (6,3 MeV). Os traços mais claros são muito provavelmente ruído, ou seja imperfeições do detector que foram aumentadas pelo tratamento químico.



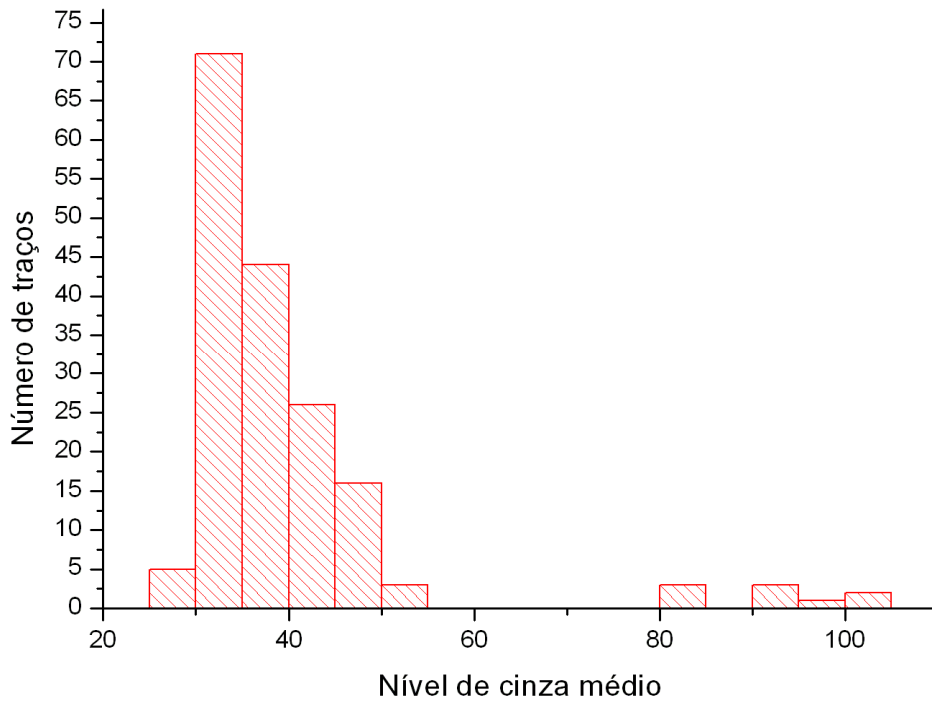


Figura 9 – Níveis de cinza médio do detector submetido a 200min de ataque químico.

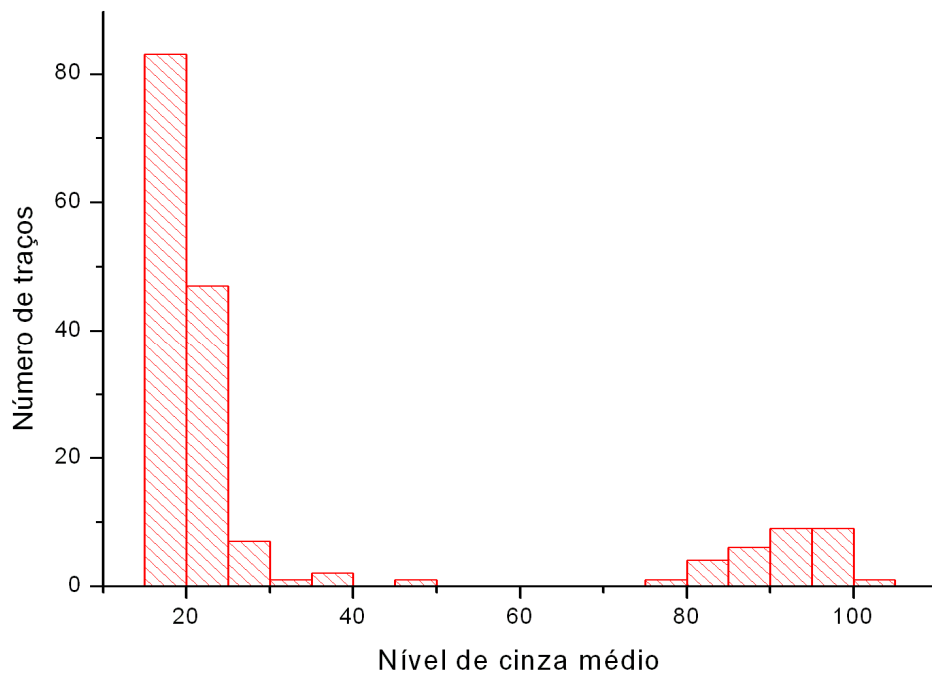


Figura 10 – Níveis de cinza médio do detector submetido a 400min de ataque químico.

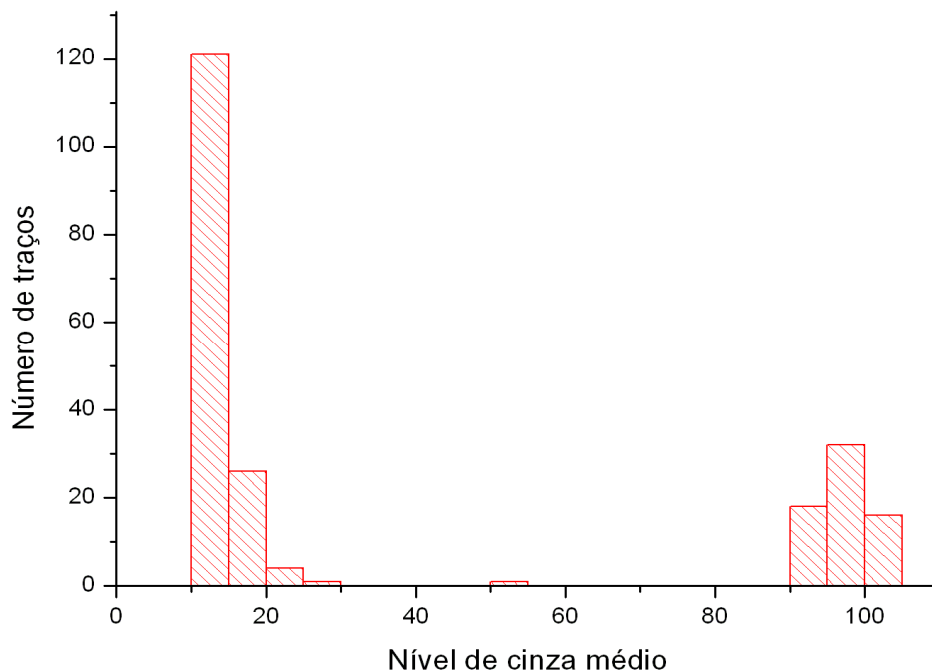


Figura 11 – Níveis de cinza médio do detector submetido a 600min de ataque químico.

## Conclusões

Baseado na nossa hipótese de que a fonte de rádio utilizada não tinha auto-absorção, foi possível observar picos bem separados e distintos, o que realmente a caracteriza dessa maneira. Caso contrário, seriam vistos picos contínuos.

Assim, na faixa de energia analisada, mostrou-se que o ataque químico de 400 minutos é o que permite melhor resolução na separação das energias das partículas alfa incidentes. Portanto, o objetivo do projeto, que era caracterizar o CR-39 como espectrômetro alfa foi atingido.

## Comentários do orientador

O aluno executou o projeto de forma bastante competente, tendo se envolvido com o problema proposto e se empenhado para resolvê-lo. Ele caracterizou o detector CR-39, encontrando a melhor condição de tratamento químico para a sua utilização como espectrômetro alfa na faixa de 2,5 a 6,3 MeV. Durante a realização do projeto, ele passou a dominar as técnicas necessárias para este tipo de trabalho. Considero o trabalho realizado muito bom.

Data de conclusão: 10 de junho de 2009.

## Referências

<http://corporateportal.ppg.com/NR/rdonlyres/3161A365-5C86-484F-97B6-74059920D2B6/0/CR39.pdf#search=%22cr-39%2059.3%22>

<http://www.srim.org/>

<http://ddsdx.uthscsa.edu/dig/itdesc.html>

Canoba A., Lopez Fo., Arnaud MI, et al., 2001. Indoor radon measurements and methodologies in Latin American countries. *Radiation Measurements*, 34, 483-486.

Guedes S., Hadler JC., Iunes PJ., 1999. Indoor radon and radon daughters survey at Campinas-Brazil using CR-39: First results. *Radiation Measurements*, 31, 287-290.

Hadler JC., Iunes PJ., Paulo SR., 1995. A possibility of monitoring indoor radon daughters by using CR-39 as an alpha-spectrometer. *Radiation Measurements*, 25, 609-610.

Hadler JC., Neman RS, Iunes PJ., Pereira OLS., Paulo SR., 2008. Indoor radon and radon progeny survey at Campinas-Brazil using CR-39: Final results. *Radiation Measurements*, 43, S440-S444.

Paulo SR., Neman R., Hadler JC., Iunes PJ., Guedes S., Balan AMOA., Tello CAS., 2005. Radon surveys in Brazil using CR-39. *Radiation Measurements*, 39, 657-660.

Zuniga G., A.R., 1998. Caracterização do CR-39 como espectrômetro alfa. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil.