

Processo: 2005/01758-8

“Otimização de um sistema de detecção da atividade alfa do ^{222}Rn e filhos no ar ambiental e comparação entre este sistema, que utiliza o CR-39 como detector e outro, que utiliza o LR-115”.

Aluno: Osvaldo Luiz dos Santos Pereira

Orientador: Dr. Pedro José Iunes

Co-orientador: Prof. Dr. Julio Cesar Hadler Neto

Índice

Resumo	03
1 - Introdução	03
2 - Análise da Bibliografia	09
2.1 - Some more new etchants for CR-39 detector, <i>Radiation Measurements</i> (Matiulah et al, 2005)	09
2.1.1 - Nomenclatura utilizada pelo grupo paquistanês	10
2.1.2 - Equações utilizadas pelo grupo paquistanês	10
2.1.3 - Tabelas e gráficos	10
2.1.4 - Solução Otimizada	14
2.2 - Dosimetria ambiental de Rn-222 e filhos: Medida da eficiência absoluta do CR-39 levando-se em conta os efeitos do plate-out e fatores ambientais (Paulo, 1991)	18
2.3 - Track-Diameter Kinetics in Dielectrics Track Detectors (Somogyi e Szalay, 1973).	21
2.4 - Medida separada de radônio-222 e de seus filhos no ar: Monitoração na cidade de Poços de Caldas-MG e comparação de atividades envolvendo duas outras técnicas de medida de radônio-222 no ar (Neman, 2004)	22
3 - Conclusão	24
4 – Cronograma	25
5 – Referências	26

Resumo:

Neste Relatório, foi realizado um aprofundamento da bibliografia citada no projeto de iniciação científica. Um resumo das bibliografias estudadas será apresentado, ressaltando os tópicos mais relevantes à iniciação científica.

Dentro projeto, foi proposto um estudo de uma nova solução otimizada que diminuía o tempo de ataque aos CR-39. O ataque foi estudado e serão apresentados os resultados, juntamente com a crítica ao artigo do grupo paquistanês que o propôs.

1 – Introdução

O radônio, por se tratar de um gás nobre, tem grande mobilidade e capacidade de se difundir pelo ar, gerando filhos emissores alfa.

A técnica utilizada para a detecção de radônio e seus filhos emissores alfa é feita por meio da exposição de montagens que são constituídas de duas placas circulares e paralelas de alumínio contendo duas lâminas de detectores CR-39; a separação entre as placas é de quatro milímetros, e possuem oito centímetros de diâmetro. Ambos os detectores estão presos no centro das placas, um deles é colocado entre as placas, enquanto o outro é posicionado do lado externo da montagem, sob uma geometria 2π .

Colocamos um CR-39 de $1,5 \times 1,5 \text{ cm}^2$ na parte externa e outro de $3,0 \times 3,0 \text{ cm}^2$ na parte interna. A montagem cilíndrica de alumínio polido está mostrada na figura 1 abaixo. Ela é composta de duas partes que se unem por rosqueamento: a inferior e a superior.

Na parte superior existe um pequeno furo circular, com diâmetro de cinco milímetros, por onde o radônio se difunde para o interior da montagem. O raio interno da placa inferior é de 3.9 mm.

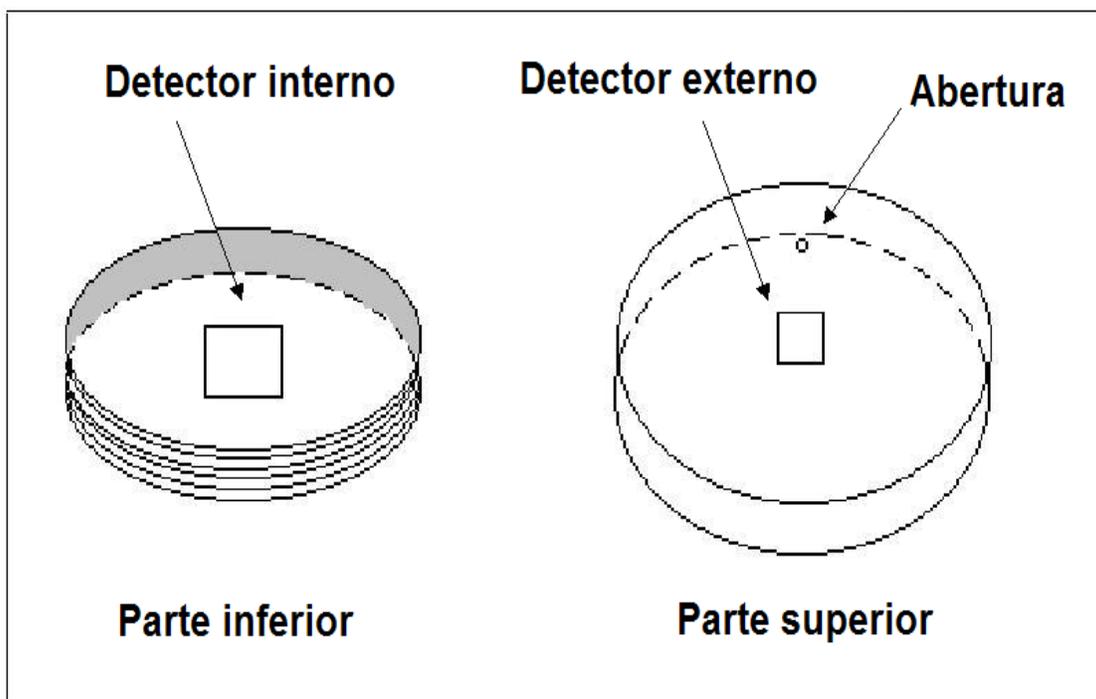


Figura 1. Esquema da montagem de alumínio. Desenho fora de escala.

O objetivo da metodologia é a detecção de radiação alfa, para a determinação da atividade de ^{222}Rn e filhos no ar, porém os filhos do Radônio aderem às superfícies da montagem utilizada, perturbando assim a atividade alfa medida. Isto porque eles são metálicos e muito reativos. O processo pelo qual os filhos do Radônio aderem em superfícies é chamado de Plate-Out. A metodologia utilizada pelo Grupo de Cronologia da UNICAMP leva em conta os efeitos do plate-out.

Apenas o ^{222}Rn é capaz de alcançar a região central da montagem mostrada na figura 1, onde está localizado o detector interno utilizado para a determinação da atividade de ^{222}Rn no ar. Quando é feita a medição nestes detectores, todos os traços são contados indistintamente, já que o ^{222}Rn , o ^{218}Po e o ^{214}Po devem estar em equilíbrio de atividades.

Desta forma, a densidade de traços, ρ , pode ser escrita como (Paulo, 1991):

$$\rho = \frac{1}{2} A_0 t d \left[\sum_i \left(1 - \frac{d}{2R_i} \right) \right] \varepsilon \quad (1)$$

Onde A_0 é a atividade de ^{222}Rn no ar, t é o tempo de exposição, $d=3.5\text{mm}$ é a altura do volume compreendido por ar entre a superfície do detector e a placa oposta, R_i é o alcance da i -ésima partícula alfa no ar ($i= 0, 1$ e 3 para o ^{222}Rn , ^{218}Po e ^{214}Po respectivamente) .

$\varepsilon = 0.55 \pm 0.002$ é a eficiência na detecção do CR-39 sob estas condições. R_i pode ser estimado a partir de Bethe e Ashkin (1955). Assim conhecendo-se t e d pode-se obter A_0 a partir de ρ .

No que concerne ao detector externo, se forem levados em conta apenas os traços arredondados (razão entre o diâmetro maior e o diâmetro menor inferior a 1.10), observa-se, ao microscópio óptico, que o histograma de S , produto do maior e menor diâmetro de cada, tem dois picos.

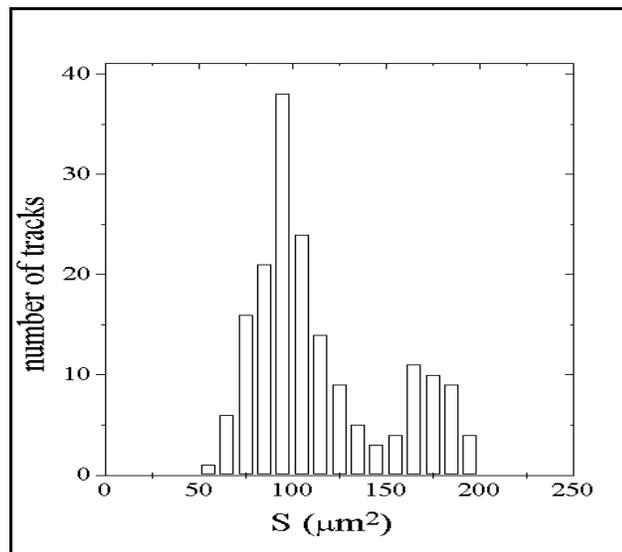


Figura 2. Histograma de S típico, observado quando apenas traços arredondados.

(excentricidade menor do que 1,10) são medidos no detector externo.

O pico de baixos valores de S é constituído de traços de partículas alfa emitidas por filhos de ^{222}Rn que se ligaram à superfície do detector (traços de plate-out) durante a exposição (traços escuros com baixo nível de cinza; onde nível de cinza é a razão entre a opacidade do fundo e a opacidade média do traço em questão) e de traços de partículas alfa emitidas por ^{222}Rn e filhos presentes no ar que alcançaram o detector com energias muito baixas (traços claros com alto nível de cinza).

O pico referente aos valores altos de S compreende traços deixados por ^{222}Rn e filhos que decaíram desde perto do detector até uma distância razoável deste, estes traços apresentam um valor intermediário de nível de cinza.

A atividade de ^{222}Rn e filhos no ar se relaciona com a densidade de traços correspondentes aos de altos valores de S e aqueles de baixo valor de S que apresentam alto nível de cinza, ρ' :

$$\rho' = t\chi \sum_{i=0,1,3} A_i \quad (2)$$

Onde $\chi = (0.16 \pm 0.016)\text{cm}$ é a eficiência relacionada ao volume efetivo de cada emissor alfa, i.e., o volume na vizinhança do detector no qual os decaimentos ocorridos produzam traços redondos e A_i são as atividades, sendo $i=0,1$ e 3 para ^{222}Rn , ^{218}Po e ^{214}Po respectivamente.

Com o auxílio da equação (2) pode-se obter a soma das atividades de ^{222}Rn e filhos no ar a partir da medida de ρ' .

Conhecendo-se A_0 com o auxílio da equação (1) pode-se obter a atividade alfa dos filhos do ^{222}Rn no ar.

O detector utilizado pelo nosso grupo de pesquisa, na linha de pesquisa do radônio é o CR-39 (Allyl Diglycol Carbonate), um detector plástico de fórmula molecular $\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{O}_7$. Seu desenvolvimento como detector de traços deu-se após 1975. O CR-39 é um detector muito eficiente, tendo como principal característica o fato de ser amorfo fazendo com que os traços sejam regulares. Devido a sua transparência apresenta um contraste com os traços e o próprio detector, facilitando a observação ao microscópio óptico.

O CR-39 tem também uma característica importante para a linha de pesquisa em campo, é o fato dele ser feito de um material resistente contra possíveis danos ambientais, como mudanças de temperatura, umidade e ação corrosiva de poluentes, etc. Por ser um componente de lentes de contato,

é fabricado por um grande número de empresas, porém somente algumas empresas no mundo o vendem em formato de placas, normalmente com quinhentos micrometros ($500\ \mu\text{m}$) de espessura.

A perda de energia de uma partícula nuclear carregada, durante o percurso (Alcance Residual Máximo), é transformada de tal forma que uma densidade de defeito quimicamente reativa com valor crítico, tenha uma direção privilegiada ao ataque químico devido à ionização ao longo do caminho deixado pela partícula.

Ao penetrar no detector a partícula alfa desorganiza a estrutura atômica do detector devido principalmente às interações elétricas, que causam ionização deixando um traço latente no material. Esse traço possui uma característica interessante para esta linha de pesquisa, uma direção privilegiada ao ser atacada quimicamente.

O ataque químico possui duas velocidades de “revelação”, ou seja, de consumo do detector. Uma ao longo do traço (V_T) deixado pela partícula e outra que consome perpendicularmente a superfície irradiada do detector (V_B).

Assim que a solução atacante atinge o fim da trajetória da partícula (traço deixado no detector sólido) a dissolução do material se torna isotrópica, em todas as direções, com taxas idênticas V_B .

Nesta primeira parte do projeto de Iniciação científica, foi realizado um aprofundamento bibliográfico visando um melhor entendimento sobre a pesquisa da melhoria da metodologia criada pelo Grupo de Cronologia da UNICAMP, para a determinação da contaminação do ar ambiental por radônio-222 e filhos, utilizando o CR-39 como detector de traços de partículas alfa. Foram analisadas profundamente duas teses de doutorado, e dois artigos. Um dos artigos apresenta um novo tipo de ataque químico, visando a diminuição do tempo de ataque químico aos CR-39.

Realizou-se, em conjunto, um estudo comparativo entre o novo ataque proposto e o ataque padrão (400min. Com 6M de NaOH em água a 70°C) atualmente utilizado pelo nosso grupo de pesquisa. Diversos pontos do artigo que propõe o novo ataque foram expostos e comentados criticamente neste primeiro relatório, devido a sua relevância ao estudo de detecção do radônio.

2 - Análise da Bibliografia

2.1 - Some more new etchants for CR-39 detector (Matiullah et al., 2005)

O objetivo deste artigo foi apresentar estudos de outros tipos de ataques químicos ao CR-39. Foi proposta pelo grupo paquistanês uma solução de água, metanol e NaOH, chamada no artigo de SMW, tendo uma melhora significativa na eficiência da solução em comparação com a solução aquosa padrão 6M de NaOH, à 70°C, tendo como efeito disso uma diminuição drástica do tempo de ataque .

2.1.1 - Nomenclatura utilizada pelo grupo paquistanês:

$V_B \Rightarrow$ Velocidade na direção perpendicular ao detector (Bulking).

$V_T \Rightarrow$ Velocidade na direção do traço.

$\eta \Rightarrow$ Eficiência.

$D_{ff} \Rightarrow$ Diâmetro médio de um traço de fissão.

$D_\alpha \Rightarrow$ Diâmetro médio de um traço de partícula alfa.

2.1.2 - Equações utilizadas pelo grupo paquistanês:

$V_B = D_{ff}/2t$ (onde t é o tempo de ataque)

$V_T = V_B (1 + x^2)/(1 - x^2)$, sendo que $x = D_\alpha / D_{ff}$.

$\eta = 1 - (V_B / V_T)$

$V = V_T / V_B$

2.1.3 – Tabelas e gráficos

O artigo em questão apresenta erros básicos, como calcular errado as grandezas relevantes ao estudo, plotar gráficos utilizando pontos (sem barras de erros) para traçar curvas sem ter feito testes de correlação, entre outros.

Table 1
 D_α , D_{ff} , V_B , V_T and η values of CR-39 detectors for the listed concentration of NaOH solution at 70 °C

Etchant conc. (M)	D_α (μm)	D_{ff} (μm)	V_B ($\mu\text{m h}^{-1}$)	V_T ($\mu\text{m h}^{-1}$)	η (%)
4	8	15	1	2.34	35.6
6	9.67	19.66	1.25	5	64
8	10.66	24	1.75	6.96	56.8
10	15	29.33	2.26	6.23	41.3
12	23	47.66	3.38	7.61	37.4

Utilizando os dados V_B , V_T , D_{ff} e D_α , como resultados experimentais, pode-se perceber que os valores na tabela do artigo não concordam com as equações utilizadas.

Tabela com os cálculos corretos:

Etchant conc. (M)	D_α (μm)	D_{ff} (μm)	V_B ($\mu\text{m.h}^{-1}$)	V_T ($\mu\text{m.h}^{-1}$)	η (%)
4	8.00	15.00	1.00	2.34	57
6	9.67	19.66	1.25	5.00	75
8	10.66	24.00	1.75	6.96	74
10	15.00	29.33	2.26	6.23	63
12	23.00	47.66	3.38	7.61	55

Gráfico (1) retirado do artigo que mostra a relação do diâmetro dos traços de partícula alfa com o tempo de ataque.

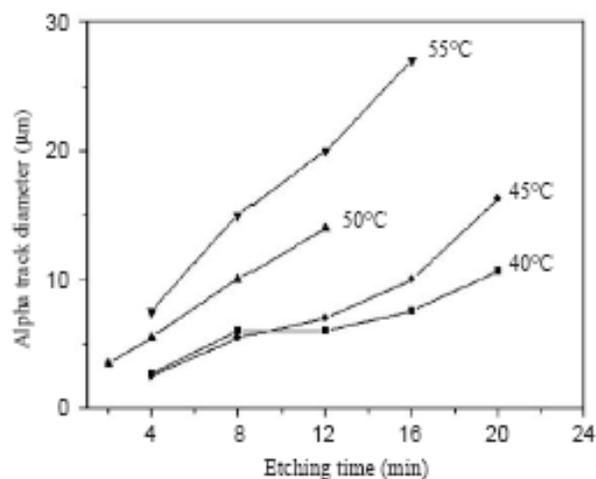


Fig. 2. Average alpha-particle track diameter as a function of etching time in CR-39 detectors etched in 1.5 M NaOH dissolved in methanol at the listed temperatures.

Gráfico (2) que mostra a relação entre diâmetro do traço de partícula alfa com a concentração de metanol:

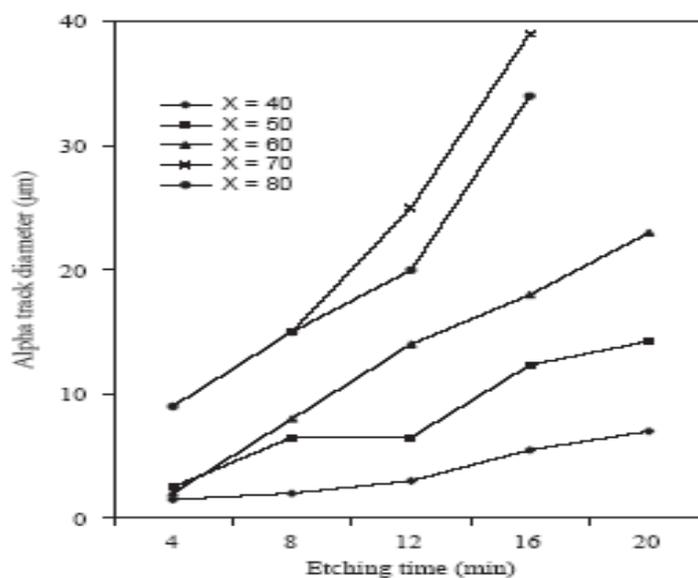


Fig. 5. Average track diameter of alpha particles as a function of methanol concentration (X%) in SMW solution at 55 °C.

Gráfico (3) que relaciona a eficiência com a temperatura da solução utilizada:

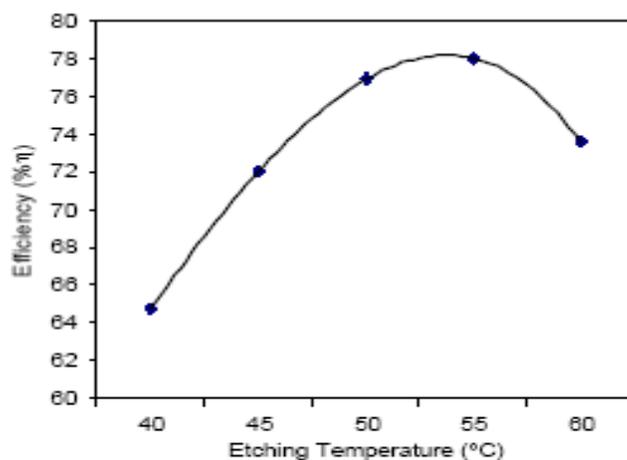


Fig. 3. Efficiency of CR-39 detector as a function of temperature for 1.5 M NaOH dissolved in methanol.

Gráfico (4) que relaciona a eficiência com a:

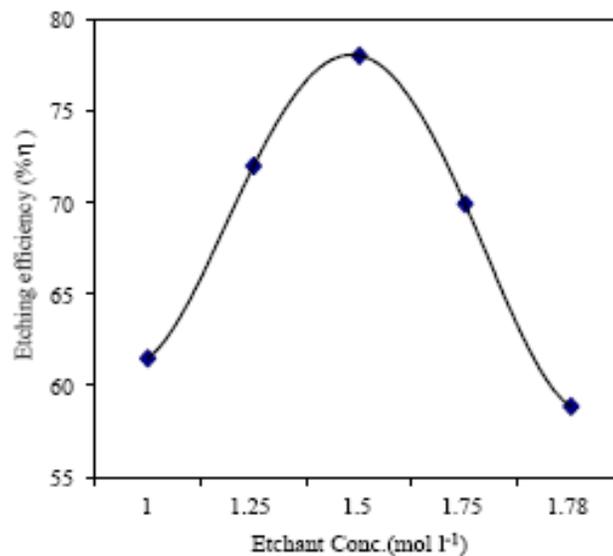


Fig. 4. Etching efficiency of CR-39 detector as a function of NaOH/methanol concentration at 55°C.

2.1.4 - Solução Otimizada

O artigo proposto pelo grupo paquistanês realizou um estudo comparativo, testando os efeitos de concentração e temperatura nas soluções de ataque utilizada ao CR-39, utilizando como parâmetro a solução padrão (6M de NaOH 70°C).

O artigo também propôs uma solução otimizada que alcançava os diâmetros perfeitos para a observação ao microscópio óptico, de traços de partícula alfa em apenas alguns minutos. Um grande avanço se comparado com as horas de ataque necessárias para a solução padrão (400 minutos utilizado pelo nosso grupo).

A solução otimizada é constituída de NaOH, metanol e água, e segundo o artigo foi alcançado uma eficiência maior, com 60% metanol, 10% NaOH e 30% água a 55°C.

Com o intuito de aperfeiçoar o ataque ao CR-39 e assim diminuir o tempo em laboratório priorizando a análise dos traços, testamos a solução SMW “otimizada”, proposta pelo grupo paquistanês, porém, os resultados não condisseram com as expectativas criadas pelo artigo.

Obtivemos resultados negativos pertinentes à análise dos traços de partícula alfa, como será mostrada mais a frente.

Abaixo uma tabela retirada do artigo, a qual mostra os resultados obtidos pelo grupo paquistanês, a quantidade X refere-se a quantidade de metanol utilizada na solução de ataque, segundo o estudo realizado e mostrado no artigo, a maior eficiência acontece para a solução a 55°C, com a quantidade X igual a 60%.

Table 3

V_B , V_T and etching efficiency of CR-39 detector for the listed concentrations of methanol (X%) in SMW Solution at 55 °C

Methanol (X%)	V_B ($\mu\text{m m}^{-1}$)	V_T ($\mu\text{m m}^{-1}$)	Sensitivity (v)	η (%)
40	0.1875	0.487	2.6	61.5
50	0.594	1.639	2.76	63.76
60	0.71	3.7	5.212	80.81
70	1.292	6.092	4.715	78.79
80	1.166	3.596	3.082	67.54

Para se testar o ataque proposto por Matiulah et al. (2005) foi feita uma exposição por aproximadamente dez dias de dois detectores CR-39 em uma câmara contendo uma fonte de ^{224}Ra , que exala ^{222}Rn . Foram usados detectores CR-39 de 2x2cm, colados com fita adesiva nas paredes da câmara pelas arestas. As faces dos detectores, com os números marcados ficaram viradas para a câmara. Para o estudo do background foi usado outro detector do mesmo lote.

Abaixo está mostrada a montagem utilizada para a exposição dos CR-39.

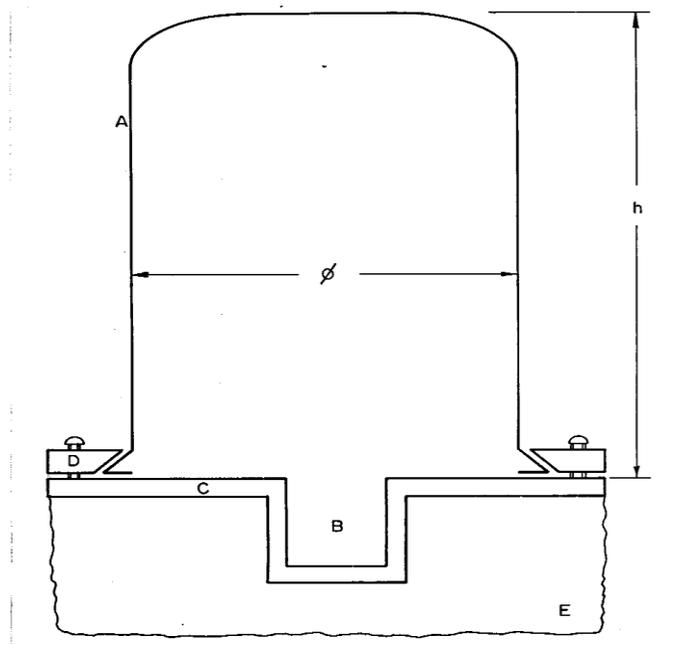


Figura 3- Recipiente confeccionado para a realização das medidas de eficiência dos detectores plásticos, $h = 25$ cm; $\phi = 17,2$

cm; A = Campânula de vidro; B = Abrigo para a fonte de Ra-224; C = Tampa de alumínio; D = Anel de fixação da campânula; E

= Suporte de isopor.

Foi utilizada uma solução de metanol, hidróxido de sódio e água para se efetuar o ataque químico. A chamada solução SMW “otimizada” composta de 60% metanol, 30% água e 10% hidróxido de sódio como proposto no artigo escrito pelo grupo paquistanês, à temperatura de 55°C .

O ataque teve um período total de oito minutos. Inicialmente se efetuou um ataque de dois minutos seguido de ataques sucessivos de dois minutos até que se alcançou oito minutos.

Durante o preparo da solução houve problemas com a dissolução do hidróxido de sódio na solução de metanol e água. Ele se dissolveu completamente somente depois de aproximadamente uma hora sob a temperatura de 55 °C.

O ponto de ebulição do metanol é de 65 °C, muito próximo da temperatura utilizada para a solução SMW. Devido a isso parte do metanol foi evaporada durante o preparo da solução tendo que ser reposta constantemente durante o aquecimento da solução (banho térmico).

O ataque apresentou estranhas características, diferentes das apresentadas pelo grupo paquistanês, super-revelando os traços de partícula alfa, deixando-os com uma característica espelhada e com diâmetros muito maiores do que os indicados pelo artigo.

Desde o ataque de dois minutos até o de oito minutos os traços apresentaram características muito diferentes daqueles atacados com o ataque padrão do Grupo de Cronologia. Muitos dos traços atacados com a solução SMW “otimizada” são facilmente confundidos com defeitos na superfície do CR-39. Praticamente todos os traços ficaram redondos e muito rasos. O fato de serem rasos faz com que sejam claros, dificultando a observação devido à dificuldade de distingui-los do corpo do CR-39.

Não foram efetuadas medidas de densidade e diâmetro para o ataque com o SMW “otimizado” devido às características dos traços serem muito diferentes daquelas apresentadas quando utilizamos o nosso ataque padrão.

O fato dos traços atacados com o SMW “otimizado” serem redondos e claros poderia estar relacionado com as velocidades de ataque V_T e V_B . Caso o valor de V_B fosse próximo ao de V_T , os traços teriam tais características. Como está mostrado na tabela 3, o V_T apresentado pelo grupo paquistanês é, segundo eles, da ordem de quatro vezes maior que o V_B para o caso do ataque com o SMW “otimizado”. Utilizando o nosso ataque padrão, V_T ($5\mu\text{m}\cdot\text{h}^{-1}$) também é da ordem de quatro

vezes o V_B ($1.25 \mu\text{m}\cdot\text{h}^{-1}$). Assim acreditamos que os valores apresentados na tabela 3 devam ser encarados com cautela.

O ataque com o SMW “otimizado” tem também a desvantagem da temperatura de ebulição do metanol (65°C) ser próxima à temperatura do ataque (55°C), o que pode afetar a sua reproduzibilidade. Além disto, deve ser levado em conta o fato do NaOH demorar aproximadamente uma hora à 55°C para se dissolver na solução. No entanto pretendemos testar ainda o SMW em outras condições. Isto será feito utilizando-se concentrações menores de metanol a temperaturas também menores.

2.2 - Dosimetria ambiental de Rn-222 e filhos: Medida da eficiência absoluta do CR-39 levando-se em conta os efeitos do plate-out e fatores ambientais (Paulo, 1991).

Foi crucial a utilização desta referência para entender o efeito do plate-out nos detectores CR-39 utilizados nas pesquisas de campo.

Apesar da extensão da tese (grande número de paginas), mostrou-se uma leitura prazerosa e de grande valia para o aprendizado científico. Grande parte da introdução deste relatório foi, extraído desta referência.

Os capítulos quatro, cinco e seis foram os mais relevantes a título de preparação científica.

O capítulo quatro sobre Eficiência dos detectores plásticos, mostrou-se bastante curioso, envolvendo um conteúdo teórico bastante rico, contendo muitos dados sobre difusão e efusão de gases. A parte geométrica, dos detectores plásticos, foi bastante curiosa também, mostrando os

cálculos utilizados para calcular eficiência e densidade de traços nos detectores ao utilizar o microscópio óptico.

Ângulo crítico de detecção (θ_c):

$$\theta_c = \arccos (v_b/v_t)$$

Relação de correlação entre a densidade (ρ) de traços apresentada em um detector plástico e o alcance médio (R_α) das partículas α no ar:

$$\rho = \frac{1}{4} R_\alpha A_\alpha t \epsilon$$

Equação de correlação entre densidade de traços (ρ) e o fator de calibração (χ):

$$\rho = \chi A_\alpha$$

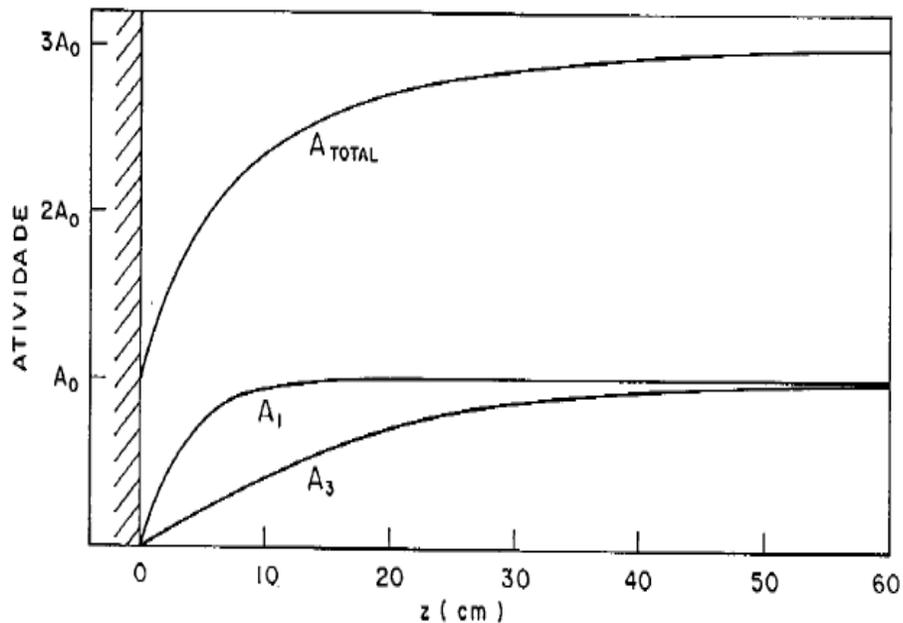
O capítulo cinco sobre o “Plate-Out”, foi com certeza um dos mais longos, porém uma grata surpresa pelo conteúdo relevante a pesquisa.

Foi retirado deste capítulo, o método de exposição, utilizando uma campânula para recriar o ambiente atmosférico em laboratório.

Devido a grande quantidade de informação e equações, o capítulo inteiro é citado como uma bela referencia a este relatório.

O capítulo seis sobre “Aspectos Básicos das propriedades de transporte de ^{222}Rn e filhos através do ar”, foi uma continuação ou aprofundamento do capítulo quatro, rico em conteúdos teóricos sobre efusão e difusão de gases, também devido a grande quantidade de equações e informações deverá ser citado integralmente como uma ótima referência.

Abaixo figura que mostra distribuição espacial das atividades do ^{222}Rn e filhos nas imediações de uma parede plana, em unidades de atividade do ^{222}Rn , A_0 onde z é a distancia à parede:



2.3 - Track-Diameter Kinetics in Dielectrics Track Detectors (Somogyi e Szalay, 1973).

Esta referência bibliográfica serviu como base para o entendimento de dielétricos como detectores. Ela foi uma introdução teórica sobre a geometria dos detectores, de como medir as velocidades de consumo do detector (V_B e V_T), quando atacado quimicamente.

Historicamente pode-se citar Fleischer e Price que em 1964 foram os primeiros a determinar o comprimento dos traços de fissão em um detector de vidro, sob ângulo reto de incidência. Seu modelo simplificado e a introdução das chamadas velocidades de consumo (V_B , Bulk e V_T , Track), serviram como base para estudos percussores em detectores tanto de vidro quanto de plástico.

Em sólidos isotrópicos temos um alcance residual crítico das partículas. Parte da energia perdida pelas partículas incidentes é transformada em um defeito preferencial dentro do sólido, que quando atacado quimicamente tem seu diâmetro aumentado, fato esse necessário para observação em microscópio óptico.

A taxa de consumo ao longo do traço (V_T), durante o ataque químico é considerada constante para sólidos isotrópicos. Depois da distancia consumida se tornar igual ao alcance residual máximo, a taxa de consumo muda a velocidade de bulking (V_B).

Para compreender a evolução dos traços em sólidos anisotrópicos são necessárias algumas considerações, como a que os traços deixados em sólidos anisotrópicos deixam uma trilha danificada altamente ionizada, ao longo da trajetória. Comportam-se com uma direção privilegiada de ataque com uma largura $<100 \text{ \AA}$.

Em sólidos anisotrópicos a análise do ataque químico é diferente daquela em sólidos isotrópicos. Considerando-se como eixo de simetria a trajetória da partícula, temos mais uma velocidade de consumo V_P , muito pequena, que começa do ponto de deslocamento no eixo de simetria, dependendo do plano do cristal e do poço selecionado.

2.3 - Medida separada de radônio-222 e de seus filhos no ar: Monitoração na cidade de Poços de Caldas-MG e comparação de atividades envolvendo duas outras técnicas de medida de radônio-222 no ar (Neman, 2004).

Esta referência foi importante para o entendimento das técnicas de detecção, do radônio (^{222}Rn) e seus filhos, utilizada em medidas de campo. Consistindo em uma montagem de placas paralelas, sendo que os detectores externos registram emissões alfa que ocorrem no ar. O tipo de montagem utilizado nesta tese pode também ser utilizado como um espectrômetro alfa levando em consideração apenas os traços com excentricidades menores que 1,10 em condições de ataque químico padrão (Solução 6,5 molar de NaOH, 70°C, 400 minutos).

Uma característica da geometria usada na configuração para o detector é necessária para que se tenha uma geometria 2π , sem qualquer uso de degradador de energia ou barreira de difusão, ocasionando que partículas alfa incidam sobre ele independente da energia e do ângulo de incidência. Deixando a detecção sujeita as características do CR-39, para quaisquer valores de ângulo crítico e energia e incidência.

Abaixo uma figura mostrando a configuração usada para o detector:

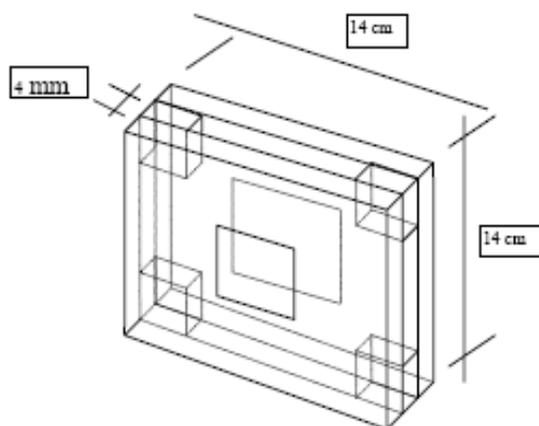


Figura 2.1.1: Modelo da montagem utilizada originalmente pela técnica desenvolvida em nosso grupo de pesquisa (figura fora de escala e proporções relativas).

Esta configuração para os detectores de partícula alfa apresentaram alguns problemas, após se observarem os resultados da exposição na cidade de Campinas no detector interno que registrava uma atividade maior para o Radônio maior do que a concentração conjunta do detector externo. A solução apresentada pelo autor da tese foi a configuração apresentada no início do relatório (figura 1).

Parte relevante do estudo desta tese foram os dados coletados e discutidos.

Para os detectores internos o mais importante é a densidade superficial de traços, enquanto que nos detectores externos o maior interesse está na densidade de traços redondos, com excentricidade menor que 1.10, utilizando um sistema de microscopia semi-automatizado e um programa criado em C (desenvolvido pelo Grupo de Cronologia), para visualizar e medir os traços.

3- Conclusão

Concluimos que a primeira parte da iniciação científica foi muito proveitosa, tendo como ponto forte a aproximação ao método científico, propiciando o aprendizado de novos conceitos como a leitura e procura de artigos científicos, leitura de teses de doutorado e mestrado, regras para a feitura de um relatório científico como a formatação adequada, citação de artigos, etc.

A parte experimental foi de grande valia, propiciando o aperfeiçoamento de técnicas adquiridas em matérias de laboratório cursadas na graduação, como o uso do microscópio óptico, prática segura do uso de componentes químicos em laboratório (ataque químico ao CR-39), e a obtenção dos dados experimentais.

Na parte teórica, o contato com a pesquisa de detecção do radônio e seus filhos emissores alfa, através de artigos científicos e teses de doutorado, serviu como base para o estudo aprofundado que será feito sobre a metodologia na segunda parte da iniciação científica. Além de ser um belo estudo extra-curricular, introduzindo novos conceitos de física nuclear, detecção de partículas, cinética de partículas em sólidos, etc.

4 - Cronograma

Para a segunda parte da iniciação científica, temos como propostas na parte teórica o aprofundamento bibliográfico de mais algumas referencias citadas no projeto , e o início do estudo da parte estatística, no que se refere a diminuição de erros estatísticos da metodologia.

Na parte experimental, a proposta será de propor um novo ataque químico ao CR-39 usando concentrações menores de metanol. Além disso, iniciar os estudos referentes ao LR-115: Bibliografia, exposição de detectores e ataque químico.

Tabela do Cronograma de execução.

 tarefa	1º bimestre	2º bimestre	3º bimestre
Aprofundamento bibliográfico	X	X	X
Estatística		X	X
Novo ataque químico CR-39	X	X	X
LR-115			

5 - Referências:

Matiullah, S. Rehman¹, S. Rehman², N. Mati e S. Ahmad (2005). Some more new etchants for CR-39 detector, *Radiation Measurements*, **39**, 551-555.

R. S. Neman (2004). *Medida separada de radônio-222 e de seus filhos no ar: Monitoração na cidade de Poços de Caldas-MG e comparação de atividades envolvendo 2 outras técnicas de medida de radônio-222 no ar*. Tese de doutorado. Instituto de Física “Gleb Wataghin”, UNICAMP, Campinas-SP.

S.R. Paulo (1991). *Dosimetria ambiental de Rn-222 e filhos: Medida da eficiência absoluta do CR-39 levando-se em conta os efeitos do plate-out e fatores ambientais*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP.

G. Somogyi e S.A. Szalay (1973). Track-Diameter Kinetics in Dielectrics Track Detectors, *Nuclear Instruments and Methods* **109**(1973), 211-222.

Oswaldo Luiz dos Santos Pereira (aluno)

Dr. Pedro José Iunes (orientador)

Prof. Dr. Julio Cesar Hadler Neto (co-orientador)