

## ANÁLISES COMPUTACIONAIS DE RAIOS CÓSMICOS OBSERVADOS A PARTIR DE UMA CÂMARA DE NUVENS

Lucas Maquedano da Silva, Renio dos Santos Mendes, Maurício Antonio Custódio de Melo; e-mail: rsmendes@dfi.uem.br.

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Ciências Exatas/ Maringá, PR.

**Ciências Exatas e da Terra, Física.**

**Palavras-chave:** partículas elementares, decaimentos nucleares, processamento de imagem.

### Resumo:

O projeto tem por objetivo o estudo de partículas elementares observadas através de uma câmara de nuvens. Tais partículas serão estudadas a partir de dois processos físicos distintos, sendo eles os raios cósmicos (partículas providas da atividade estelar que chegam até a atmosfera) e os decaimentos nucleares oriundos de amostras radioativas (Pb-210). Após o estudo teórico dos fenômenos observados, os mesmos serão gravados e analisados por *softwares* de processamento de imagem, o objetivo é primeiro compará-los com os resultados previstos pela literatura e depois implementar ou desenvolver um código para a obtenção automática das informações pertinentes. Por último, será desenvolvido uma câmara semelhante a utilizada (PASCO SE-7943) tendo como objetivo realizar uma montagem mais simples, acessível e de baixo custo.

### Introdução

Antes de se iniciar os experimentos com a câmara de nuvens foi estudado quais os fenômenos de interesse, ou seja, as bases teóricas para a compreensão do que pode ser observado no interior da câmara. Nesse contexto, os fenômenos se dividem em dois: partículas provenientes do decaimento do chumbo-210 e os chamados raios cósmicos.

O Pb-210 é produto do decaimento da série do U-238 que decai por emissão  $\beta$  para o Bi-210, este por emissão  $\beta$  para Po-210 que por decaimento  $\alpha$  vai para o isótopo estável Pb-206 chegando ao final da cadeia. Quando partículas carregadas ionizarem um vapor supersaturado, uma trilha de íons é deixada no caminho das partículas, os íons agem como núcleos de condensação e uma linha fina de gotículas é formada no caminho de cada partícula carregada.

As partículas beta podem ser observadas como traços mais fracos resultado de um decaimento menos energético, da ordem de  $10^1$  keV, já as partículas alfa apresentam traços mais espessos e longos, sob uma energia da ordem de  $10^3$  keV.

Os raios cósmicos observados decorrem de partículas de alta energia que chegam do espaço sideral. Quando chegam à Terra, colidem com os núcleos dos átomos da

atmosfera originando outras partículas, principalmente píons ( $\pi$ ). Os píons carregados podem decair rapidamente, emitindo partículas chamadas múons ( $\mu^+$ ) e anti-múons ( $\mu^-$ ) (70%) além de elétrons e pósitrons (30%). Ao contrário dos píons, estas não interagem fortemente com a matéria e podem viajar através da atmosfera até atingir solo, possibilitando sua detecção.

Os múons e elétrons ao interagirem com as moléculas as ionizam sem se espalharem, apresentando então rastros retos e finos, dentre as partículas observáveis são os mais longos com comprimento de cerca de 10 cm ou mais. São partículas tidas como secundárias, ou seja, resultado do processo em cascata na atmosfera.

As partículas alfa por sua vez apresentam trajetórias grossas e de aproximadamente 5 cm de comprimento, resultado de sua massa mais elevada e alta densidade de ionização (1 MeV/cm).

Partículas com menor momento são mais suscetíveis de sofrer desvios, como no caso dos múons. Outra característica já observada é que o traço de partículas mais energéticas são mais fracos que os das de baixa energia, o que está de acordo com a equação de Bethe-Bloch, que prevê que partículas energéticas ionizam menos que as de baixa energia.

Outros traços ainda apresentam bifurcações, o que pode ser explicado como partículas que ao interagirem com o meio, se transformam em outras. Laganá ainda os interpreta como elétrons de ionização: “Quando uma partícula energética passa próxima a um átomo, ela pode arrancar algum de seus elétrons, dando origem a um elétron de ionização”.

## Revisão de Literatura

Foi utilizada uma câmara de difusão modelo PASCO SE-7943 junto à fonte de Pb-210, sendo ainda acoplado um termômetro na base. A câmara tem capacidade para operar entorno de  $-35\text{ }^\circ\text{C}$ , contudo durante os experimentos foi calculado uma temperatura média de  $-24\text{ }^\circ\text{C}$  o que não interferiu nos resultados esperados.

Foi utilizado 30-40 ml de álcool isopropílico, podendo ainda utilizar etílico, metílico ou outro com uma pureza de 90%. Ao aplicar álcool na câmara este irá subir as bordas por capilação, decorrente ao revestimento de um papel de certa gramatura, e evaporar na região superior sob uma temperatura maior. Este vapor pela gravidade se depositará no inferior da câmara e, decorrente à baixa temperatura da superfície, irá supersaturar formando uma névoa.

Quando partículas carregadas interagem com essas gotículas, a ionizam formando um traço branco característico e, a partir de seus padrões, é possível inferir qual foi a partícula interagente.

O equipamento tem em sua montagem um dispositivo *peltier* funcionando à 12V DC. A pastilha *peltier* é composta de dois materiais condutores, ou semicondutores, que quando submetidos à uma diferença de potencial produzirão um gradiente de temperatura, dessa forma, um lado da pastilha irá resfriar enquanto a outra irá aquecer. A parte de menor temperatura é posta em contato com a câmara enquanto a outra será resfriada por água gelada a partir de um motor de sucção no interior da câmara.

## Resultados e Discussão

Se pode observar um comportamento distinto entre os traços provenientes do decaimento do Pb-210 e de raios cósmicos. O primeiro apresenta traços majoritariamente mais intensos, lineares e radiais, ou seja, oriundos de um mesmo ponto onde se situa a fonte radioativa. Já os do segundo tipo percorrem a câmara por diferentes direções, formatos e intensidades de brilho.

Após as filmagens da câmara de nuvens operando a partir de uma câmera modelo Nikon COOLPIX P510 em 30 quadros/frames por minuto (fps), foi utilizado o programa JJMPag para transformar o vídeo em um conjunto de imagens sucessivas obtendo-se 300 imagens. Por fim, foram utilizados dois *softwares* para a análise das imagens: ImageJ e Motion Track.

O trabalho que norteou a presente pesquisa é o de Laganá (LAGANÁ 2011,2013) o qual utilizou do software ImageJ para analisar as imagens nos critérios quantidade de traços e tamanho dos mesmos. Dessa forma, a título de comparação foi-se utilizado o mesmo software.

O ImageJ é um *software* gratuito na linguagem Java. Para a obtenção do comprimento real dos traços (convertendo *pixel* para o sistema métrico) é necessário a calibração a partir de uma distância conhecida da imagem, sendo utilizado para tal o raio da câmara de 6" (15 cm).

Como na maioria das vezes é possível distinguir uma partícula alfa de uma beta por apresentarem traços de diferentes intensidades de brilho, se pode perceber que as partículas beta têm um alcance menor e espessura mais fina, o que apresenta uma vantagem no uso desse *software* uma vez que é possível catalogar apenas as partículas de interesse.

Comparando o valor médio das trajetórias das partículas alfa ( $4,5 \pm 0,2$  cm) com o previsto pela literatura, obtemos um valor de energia cinética próximo a 6 MeV, o previsto teoricamente para uma emissão Pb-210 é de 5,3 MeV. Tal desvio pode ser atribuído à escala de calibração, considerando a distorção cônica da câmera e que o disco da câmara de nuvens (feito de PVC) apresentava achatamento.

Por último, o programa apresenta como principal viés a imprecisão (quanto mais ampliarmos a imagem, melhor será sua precisão) e a demora em contar manualmente cada partícula, sendo inviável para a análise de um grande número de amostras.

Já o código Motion Tracking é um algoritmo que processa uma sequência de imagens. Na linguagem MATLAB não há uma interface gráfica sendo configurado a partir do diretório. Para um vídeo de um minuto foi estabelecido um conjunto de 300 imagens, todas enumeradas sequencialmente a partir do *software* JJMPag em uma pasta. O algoritmo processa as imagens a partir de um modelo de subtração de fundo e as trajetórias podem ser extraídas com o comando "extracttrajectoriesm", gerando uma matriz com o número de traços e suas coordenadas em pixel.

Contudo sua principal desvantagem é computar traços desconexos. Ao atingir seu alcance máximo, o traço da partícula irá se degenerar e, a partir das lacunas deixadas, o programa irá contá-las como partículas distintas, resultando em um número maior de partículas de comprimentos menores.

Visto os problemas apresentados por ambos os *softwares*, tentou-se desenvolver um novo código na linguagem MATLAB para processar as imagens de forma

autônoma -a partir da subtração de fundo (*background*)- e que segmentasse todos os *blobs* (trajetórias) -definindo um rótulo para cada um deles e os usando como marcadores- evitando o problema da segmentação.

Para isso é necessário usar a função “watershed”, contudo, com as versões mais recentes do MATLAB, a biblioteca “watershed” não foi atualizada, e os antigos repositórios expiraram suas licenças. A solução foi transcrever o código para linguagem Python, mas dada a não familiarização com a linguagem, o *script* ainda está em desenvolvimento.

## Conclusões

O projeto cumpriu com os objetivos de aprendizado da fenomenologia de raios cósmicos, abrangendo também conteúdos mais amplos da física de partículas tais como sua história e desenvolvimento, tendo em vista os processos de decaimento radioativo observados; o atual Modelo Padrão ao qual as partículas elementares estão enquadradas e o funcionamento de outros detectores de partículas, aos quais a câmara de nuvens tem um importante papel histórico e ainda hoje se mostra uma técnica simples para observação de tais fenômenos.

Quanto ao desenvolvimento de um *software*, embora tenha havido dificuldades em programá-lo na linguagem Python, ainda assim apresenta resultados satisfatórios, visto o aprendizado de novas linguagens assim como métodos de processamento de imagem. Pode-se também conferir os resultados previstos pela literatura relacionados a quantidade, comprimento, padrões de trajetórias e energia cinética das partículas.

Por fim, foi possível construir uma câmara similar, usando de dois dispositivos *peltier*, acoplados à uma fonte de tensão, e um recipiente com paredes de tecnil e base de alumínio.

## Agradecimentos

Ao CNPq pelo financiamento e ao professor Airton Marco Polidório (DIN) pelo ensinamento das técnicas de programação.

## Referências

LAGANÁ, C. Decaimentos nucleares em uma câmara de nuvens. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, p. 1-6, 2013.

LAGANÁ, C. Estudo de raios cósmicos utilizando uma câmara de nuvens de baixo custo. **Revista Brasileira de Ensino de Física. Sociedade Brasileira de Física**, v. 33, n. 3, p. 1-5, 2011.