

A FÍSICA DAS RADIAÇÕES EM SALA DE AULA: DO PROJETO À PRÁTICA.

Produto da Dissertação apresentado ao Curso de Mestrado em Ensino de Física do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestrado.



Fevereiro de 2014

Alexandre Marcelo Pereira, Antônio Carlos Fontes dos Santos e Hélio Salim Amorim.

RESUMO

A FÍSICA DAS RADIAÇÕES EM SALA DE AULA: DO PROJETO À PRÁTICA.

Alexandre Marcelo Pereira

Orientadores

Prof. Dr. Antônio Carlos Fontes dos Santos

Prof. Dr. Hélio Salim Amorim

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Interagimos com a radiação proveniente de várias fontes, tanto naturais quanto artificiais, e de fato a vida na Terra depende dela, sendo um aspecto fundamental do nosso cotidiano. Vários estudos têm mostrado que, embora a maioria dos alunos já tenha ouvido falar sobre radiação, um número significativo desconhece o assunto, bem como a diferença entre as radiações ionizantes e não ionizantes. Um sério esforço deve ser feito nos currículos de Física do ensino médio de modo a abordar o tema, caso contrário um aspecto importante da nossa vida moderna continuará a ser um mistério para os alunos. A fim de contribuir neste sentido, várias atividades educacionais de medições de radiação foram realizadas utilizando um conjunto experimental de baixo custo que permitiu a monitoração em longo prazo do fluxo de raios cósmicos secundários e a medição da radiação de fundo. Utilizamos um tubo Geiger e um GPS acoplados à plataforma Arduino e registramos o número de contagens em um cartão de memória em determinado instante associando a posição global em que a partícula foi detectada. A partir destes dados, encontramos o valor médio e o desvio padrão. Procedimentos muito simples para o estudo de propriedades estatísticas de contagem de partículas são apresentados, incluindo: a absorção de raios gama a partir de uma amostra de areia monazítica utilizando absorvedores, onde o número de fótons que atravessa o material é medido em função de sua natureza, espessura e distância à fonte, taxas de contagens de raios cósmicos secundários em diferentes pisos de um edifício, efeito barométrico dos raios cósmicos secundários em diferentes altitudes no caminho entre Rio de Janeiro e Teresópolis e mapeamento da radiação de fundo nas vizinhanças do bairro da Urca. Os experimentos realizados neste trabalho – dentro da sala de aula e ao ar livre – podem constituir atividades educativas realizadas com equipes de estudantes do ensino médio, caracterizando desta forma uma boa experiência pedagógica.

Palavras chave: Ensino de Física, Formação de professores, Radiação, Medidor Geiger, Arduino.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	iv
LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE GRÁFICOS	vi
CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 2. DO PROJETO À PRÁTICA	7
2.1. Projetos básicos:	
Prática 1	8
Prática 2	11
Prática 3	13
Prática 4	15
Prática 5	18
2.2. Projetos avançados:	
Prática 6	20
Prática 7	27
CAPÍTULO 3. CONCLUSÕES	31
APÊNDICE A – HISTOGRAMAS E FIGURAS EXTRAS	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Mapa da Urca, Rio de Janeiro/RJ	27
----------	---------------------------------------	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Representação esquemática do projeto	5
----------	--------------------------------------------	---

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Histograma de medidas da radiação ambiente	10
Gráfico 2	Histograma de medidas da radiação da areia monazítica	12
Gráfico 3	Relação entre a leitura da radiação e a distância à fonte	13
Gráfico 4	Histograma de medidas da radiação da areia monazítica com absorvedores	17
Gráfico 5	Relação entre a leitura de radiação e o número de folhas de alumínio	19
Gráfico 6	Radiação em função do andar	21
Gráfico 7	Subida da serra de Teresópolis	23
Gráfico 8	Descida da serra de Teresópolis	24
Gráfico 9	Medidor em repouso: período de 24h	25
Gráfico 10	Descida da serra de Teresópolis (2ª medição)	26
Gráfico 11	Mapa radioativo da Urca e Trajetória percorrida, Rio de Janeiro/RJ	28

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

Inicialmente, ressaltamos a importância da leitura integral da dissertação. Suas partes foram concebidas para servirem de apoio ao professor que deseja ministrar um curso de Física da radiação. No capítulo 2 abordamos alguns exemplos de fontes de radiação eletromagnética ionizante que servirão tanto como contextualização do tema, como revisão de alguns conteúdos outrora esquecidos. No capítulo 3 apresentamos algumas formas de aplicação da radiação no cotidiano. O fato deste assunto fazer parte do tema estruturador 5 contido nas PCN+ e dificilmente ser trabalhado por professores de Física no ensino médio, foi um grande motivador para este trabalho e descrevemos sua relevância no capítulo 4. No capítulo 5 apresentamos, em linhas gerais, o funcionamento de um medidor Geiger e um breve resumo do projeto da Libelium que nos serviu de inspiração para dar o pontapé inicial, incluindo a compra do equipamento com a programação adequada. Descrevemos no capítulo 6 como foi desenvolvida cada prática, desde o cronograma e seus objetivos até uma apresentação pormenorizada. Neste capítulo o professor poderá verificar a aplicabilidade e a instrumentação do assunto.

Os materiais necessários para a execução das práticas citadas neste trabalho bem como a forma de adquiri-los encontram-se listados abaixo:

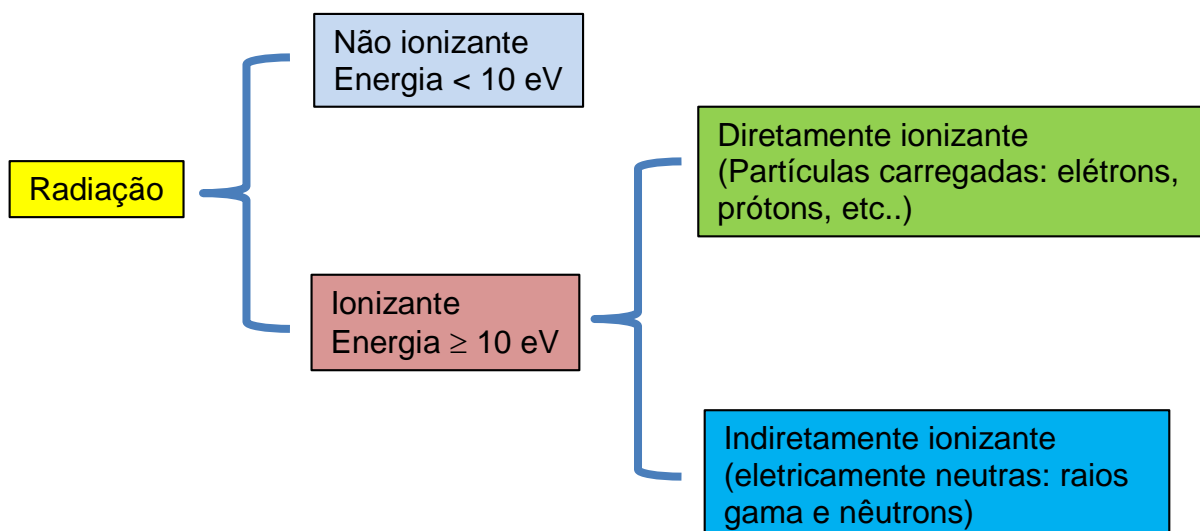
- **Detector Geiger** (encontrado em <http://arduino.cc/en/Main/Buy> ou com o Sr. Arturas em <https://sites.google.com/site/diygeigercounter/home>).
- **Fonte radioativa de baixo teor** (usamos areia monazítica extraída da praia de Guarapari / ES, mas pode ser substituída por pedaços de vidro de vaselina com 0,2% de urânio encontrados em <http://arduino.cc/en/Main/Buy>).
- **Folha de papel alumínio** (encontrada em supermercado).

- **Folhas de cobre e chumbo** (encontradas em loja de material de ferragem).
- **Régua.**

Além disso, para realizar a medida na subida da serra (6ª prática) é preciso estar automobilizado, podendo ser carro ou ônibus, e para a análise dos dados e construção dos gráficos e histogramas, ter um computador com o software **Origin** instalado (pode ser obtido em <http://www.originlab.com>).

Radiação é um tema que sugere diferentes abordagens. Embora banhados por todos os tipos de radiação eletromagnética, enxergamos apenas a parte visível do espectro. Popularmente associada a catástrofes, está presente em nosso cotidiano de várias formas diferentes, sendo classificadas de acordo com a sua frequência em não ionizante ou ionizante.

Radiação ionizante é a radiação que tem energia suficiente para remover elétrons de átomos ou moléculas, criando íons e radicais nos materiais nos quais interage. Há dois tipos de radiação ionizante: **diretamente ionizante** e **indiretamente ionizante**.



A **radiação diretamente ionizante** é aquela que remove os elétrons através da interação Coulombiana. Exemplo: todas as partículas carregadas (elétrons, pósitrons, prótons, etc..).

A **radiação indiretamente ionizante** (raios gama e nêutrons) é eletricamente neutra e, portanto, não interage fortemente com a matéria. Ocorre inicialmente uma transferência de energia para as partículas carregadas do material (elétrons e prótons) que produzem ionizações secundárias.

Nosso trabalho está restrito ao estudo da **radiação eletromagnética ionizante**. Presente em diversos setores da sociedade, em intensidades adequadas é usada no tratamento e cura de doenças, mas dependendo da dosagem recebida pode causar danos ao nosso organismo ou até mesmo matar. Por ser inodora e insípida, não é detectada por nossos sentidos.

Mas será que os estudantes têm informação suficiente para um julgamento devido? Tendo em vista a superficialidade com a qual o assunto é tratado nos meios de comunicação, as dúvidas apresentadas por eles e o objetivo da educação como ferramenta de emancipação e autonomia, acreditamos que este trabalho possui grande relevância e potencial de contribuição para a relação ensino-aprendizagem, assim como para o desenvolvimento científico nacional, colaborando para o esclarecimento do tema. Para isso, desenvolvemos um conjunto simples de experimentos através do uso de um medidor Geiger montado na plataforma Arduino, contribuindo desta forma com novas metodologias didáticas.

Este trabalho tem como cunho central proporcionar aos docentes de Física uma ferramenta que facilite e estimule o ensino do *Tema Estruturador 5: Matéria e radiação* (PCN+) através de medições experimentais simples de serem realizadas. Apesar de

constar no último capítulo dos mais variados livros de Física do 3º ano do ensino médio, sua abordagem geralmente fica a cargo de outra disciplina: Química. Em linhas gerais, o estudo de radiações no ensino médio começa com um resumo histórico da descoberta da radioatividade e os efeitos das emissões radioativas, passa pela natureza das radiações α , β e γ e suas leis, a cinética das desintegrações radioativas, as famílias radioativas naturais, as reações artificiais de transmutação, a fissão e a fusão nucleares e termina com as aplicações das reações nucleares e os perigos de acidentes nucleares (também discutido nas aulas de Geografia).

Um dos fatores que mais nos motivou na elaboração deste projeto é o fato dele poder ser feito de materiais acessíveis e relativamente baratos – ao contrário dos medidores Geiger vendidos no mercado – facilitando desta forma o ensino experimental. Outra vantagem que detectamos no uso do Arduino é a possibilidade dos projetos poderem ser constantemente atualizados conforme professores e alunos forem se familiarizando com a plataforma e introduzindo novas ideias. Desta forma o projeto “nunca acaba”, podendo ser continuado ou até mesmo reformulado em função dos objetivos que se deseje atingir. As experiências propostas são fáceis de realizar e relativamente robustas, não oferecem muitas dificuldades na abordagem do conteúdo e os resultados tipicamente esperados para esse tipo de prática são encontrados após a realização dos experimentos.

Nossa intenção ao abordar o problema da Física das radiações e sua importância é elaborar um projeto compacto, com início, meio e fim, com a estrutura representada na Tabela 1.

Tabela 1 – Representação esquemática do projeto.

• **Atividades dentro da sala de aula, na mesa do professor (50min cada).**

Prática	Descrição
1	I. Apresentar o projeto. II. Realizar e interpretar medidas com o contador Geiger. III. Armazenar os valores medidos e transporta-los para o computador, ressaltando o caráter disperso das medidas observadas. IV. Mostrar a importância de se representar dados dispersos estatisticamente na forma de histogramas. V. Calcular o valor médio e o desvio padrão. VI. Associar o resultado com a <i>radiação de fundo</i> (ambiente).
2	I. Apresentar a areia monazítica como uma fonte natural de baixo teor de radiação. II. Mostrar a alteração nos valores medidos na presença da areia monazítica comparando com o resultado obtido para a radiação ambiente. III. Calcular o valor médio e o desvio padrão. IV. Associar o resultado com a radiação emitida pela fonte.
3	I. Calcular o valor médio e o desvio padrão dos dados obtidos pelo medidor variando sua distância até a fonte. II. Mostrar que ocorre um decaimento nas medidas com o afastamento da fonte.
4	I. Calcular o valor médio e o desvio padrão dos dados obtidos pelo medidor na presença de diferentes absorvedores. II. Comparar os valores obtidos sem a presença dos absorvedores. III. Analisar as partículas que são filtradas por diferentes absorvedores.
5	I. Calcular o valor médio e o desvio padrão dos dados obtidos pelo medidor na presença de um absorvedor de espessura variada. II. Constatar a Lei de Beer-Lambert.

• **Atividades extraclasse (contra turno).**

Prática	Descrição
6	I. Introduzir o conceito de radiação cósmica. II. Constatar a influência absorvedora do ar atmosférico sobre os níveis de radiação (altitude). III. Estimular a percepção do assunto no cotidiano dos alunos. IV. Calcular o valor médio e o desvio padrão dos dados obtidos pelo experimentador subindo os andares de um prédio e subindo a serra de Teresópolis e fazer uma analogia com o efeito da altitude.
7	I. Mostrar a utilidade de associar a radiação medida com a posição global através de um GPS. II. Percorrer determinada área e construir um mapa radioativo. III. Identificar possíveis fatores que influenciem a variação das medidas no mapa radioativo.

Por uma questão pedagógica, didática, recomendamos ao professor a seguinte sequência de atividades:

1. Começar discutindo com seus alunos os riscos e os benefícios da radiação, promovendo um debate sobre o tema.
2. Apresentar o medidor, informando os conceitos gerais de seus componentes.
3. Realizar a primeira medição: a radiação de fundo.
4. Mostrar a dispersão de medidas e como construir um histograma, justificando assim a natureza probabilística do medidor.
5. Realizar um experimento que mostre a radioatividade natural.
6. Relacionar o decaimento das leituras do medidor com o afastamento da fonte.
7. Discutir a natureza e o poder de penetração das partículas, apresentando o alumínio, o cobre e o chumbo como absorvedores.
8. Relacionar a espessura de um absorvedor com o seu poder de absorção (Beer-Lambert) através do aumento no número de folhas de alumínio.
9. Apresentar experimentos simples sobre o tema “radiação cósmica”: (a) fazer uma analogia entre a absorção atmosférica e as lajes de um prédio (quanto maior o número de andares e o tempo de leitura melhor) e (b) avaliar o efeito da altitude ao subir de carro – ou ônibus – uma serra.
10. Mapear a radiação de fundo em uma determinada região. Escolhemos em nossa pesquisa o bairro da Urca por sabermos da influência do Pão de Açúcar, mas regiões próximas a grandes formações rochosas ou supostas fontes radioativas também servem (níveis de radiação de fundo variados).

Com isso, esperamos que este trabalho motive e inspire professores de Física a buscarem caminhos alternativos que facilitem e apoiem o estudo da Física das radiações. Acreditamos estar contribuindo para uma melhoria na formação acadêmica dos alunos na medida em que oferecemos a “fundamentação científica” necessária nas reflexões dos vários aspectos que envolvem o tema.

CAPÍTULO 2. DO PROJETO À PRÁTICA

Dividimos o projeto em dois conjuntos. O primeiro, que chamamos de projeto básico, foi realizado dentro de sala de aula e vai da 1ª até a 5ª prática e tem como proposta apresentar e discutir o medidor Geiger em linhas gerais, identificando e classificando cada parte. Constitui esse conjunto de práticas a medição da **radiação de fundo** e da radiação emitida por uma **fonte radioativa** (areia monazítica) sem e com a influência de absorvedores, analisando os tipos (cobre e chumbo) e especificações. O segundo, que chamaremos de projeto avançado, foi realizado em atividades extraclasse e compreende a 6ª e a 7ª práticas e tem como proposta estimular o aluno a identificar e relacionar o assunto com o seu cotidiano. Constituem esse conjunto de práticas a medição a influência da altitude na **radiação cósmica secundária** e o mapeamento da radiação de fundo existente em determinada localidade com a utilização do GPS¹.

A seguir, apresentamos as práticas realizadas com seus respectivos objetivos, material utilizado e uma breve descrição e comentários.

¹ Sistema de Geo-Posicionamento por Satélite que fornece a um aparelho receptor móvel a posição do mesmo, assim como informação horária, sob todas condições atmosféricas, a qualquer momento e em qualquer lugar na Terra.

2.1. Projetos básicos.

1ª Prática

Objetivos:

Comentar a estrutura da montagem experimental e fixar a ideia de que existe uma **radiação de fundo** presente em todos os locais do planeta, medindo-a através da análise gráfica do histograma de medidas.

Consideramos importante dar aos estudantes uma visão do que é a medida e como devemos tratar dados experimentais. Para isso, indicamos o livro do José Henrique Vuolo, Fundamentos da Teoria de Erros (2005), Editora Edgard Blücher Ltda, como bibliografia básica que ajudará o professor a introduzir alguns conceitos elementares sobre medida e para aqueles que queiram se reciclar e conhecer um pouco mais a fundo a questão.

Material utilizado:

Medidor Geiger.

Descrição e comentários:

Inicialmente, o medidor Geiger deve ser apresentado aos alunos explicando sua finalidade, seu princípio de funcionamento e como é feita sua montagem (esquema técnico). Assim que o medidor é ligado, são ouvidos cliques e observados dados sendo impressos no visor de LCD. Explicamos que esta experiência nos proporciona coletar contagens de radiação, onde cada pulso elétrico que foi detectado pelo detector corresponde a uma partícula detectada e o

valor oferecido no visor é a média estatística destas leituras. Com isso temos a oportunidade de discutir a fonte destes cliques e porque esses cliques posteriormente viram uma contagem de radiação. Pelo fato da estrutura do nosso aparato experimental medir eventos de colisão e ionização da matéria, as medidas encontradas não seguem um padrão de repetição. Por isso, decidimos montar um histograma como forma de representar essa dispersão de dados e extraímos seu valor médio e desvio padrão (é preciso articular com os alunos um conjunto de ideias e conceitos que fazem parte dessa experiência simples).

Tendo em vista que esse tipo de medida tem por característica a dispersão dos dados, captamos neste experimento 92 medidas durante 1min e com o auxílio do programa Origin² construímos o histograma abaixo (Gráfico 1). Os dados foram agrupados em classes (intervalos) automaticamente pelo software para a adequada análise de dispersão. Ressaltamos a importância do professor de Física na tarefa de capacitar os alunos em analisar dados através de um histograma de medidas e justificar o seu uso.

² Copyright OriginLab Corporation.

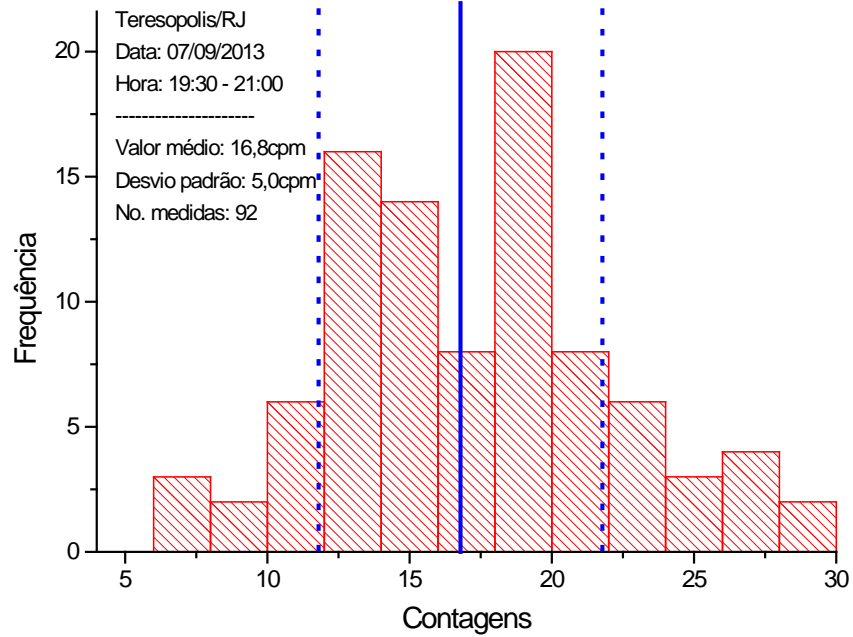


Gráfico 1 – Histograma de medidas da radiação ambiente.

Sendo o processo de medida um processo estatístico, nos interessa então encontrar para a radiação local um “valor médio” (linha cheia do gráfico) e seu desvio padrão (linhas pontilhadas indicando os limites laterais). Como resultado, o software nos fornece ($16,8 \pm 5,0$) cpm, que denominamos radiação ambiente ou radiação de fundo (*background*).

2ª Prática

Objetivos:

Determinar e medir a influência de uma fonte radioativa.

Material utilizado:

Medidor Geiger e vidro com areia monazítica.

Descrição e comentários:

Em cima da mesa do professor e com o medidor ligado aproximamos uma fonte radioativa mineral de baixo teor desejando aumentar artificialmente a leitura. Utilizamos um tubo cilíndrico de vidro (vidro de azeitonas vazio) completamente cheio de areia monazítica (mineral que possui em sua composição o elemento radioativo Tório) que fora previamente extraída da praia de Guarapari / ES. A fonte é considerada extensa quando comparamos suas dimensões com os valores envolvidos nas práticas. As medidas foram feitas com o medidor encostado no vidro e armazenadas em um intervalo de tempo de 1min e novamente importadas para o Origin para a montagem do histograma (Gráfico 2).

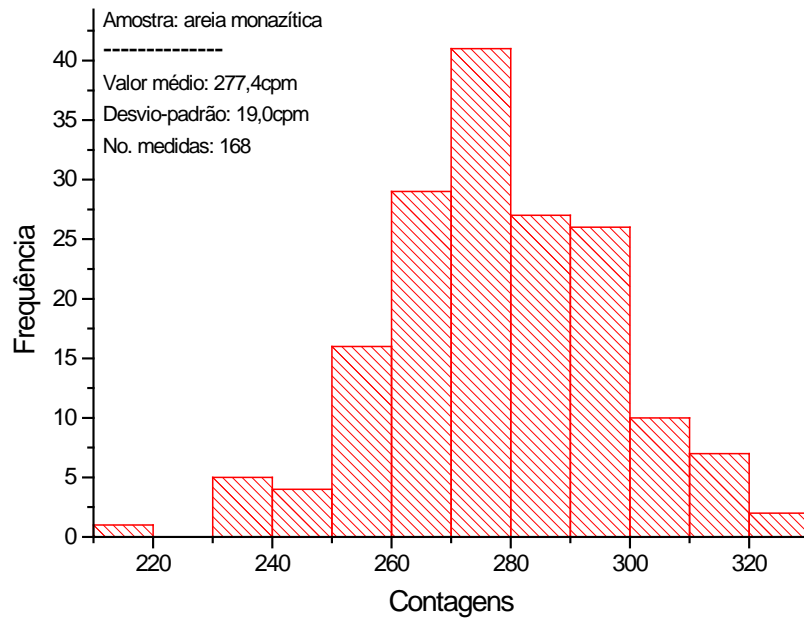


Gráfico 2 – Histograma de medidas da radiação da areia monazítica.

O valor médio encontrado para a leitura da radiação na presença da areia monazítica foi de 277,4cpm, o que significa um aumento de 260,6cpm em relação a radiação de fundo. Com isso, a radiação nas proximidades do medidor ficou 15,5 vezes maior. Experimentos deste tipo nos ajudam a medir a influência das fontes radioativas nas medidas de radiação e sua investigação em situações cotidianas.

3ª Prática

Objetivos:

Mostrar a dependência com a distância à fonte nas leituras de radiação ao afastarmos gradualmente o medidor da fonte radioativa.

Material utilizado:

Medidor Geiger, vidro com areia monazítica e régua.

Descrição e comentários:

Ainda na presença da fonte radioativa, vamos agora variar a distância entre o medidor e a fonte e verificar qual a relação existente entre o valor médio de radiação e a distância da fonte até o medidor. Para isso, afastamos radialmente o medidor 2 cm e armazenamos valores de contagens durante 1min. Em seguida, afastando o medidor mais 2 cm repetimos o processo de contagem, e assim sucessivamente, até o mesmo atingir uma distância de 20cm da fonte. Os pontos destacados no gráfico 3 representam os valores médios calculados com o respectivo desvio padrão em função de sua posição. Os histogramas das medidas encontram-se no apêndice A. A linha cheia serve apenas para guiar os olhos.

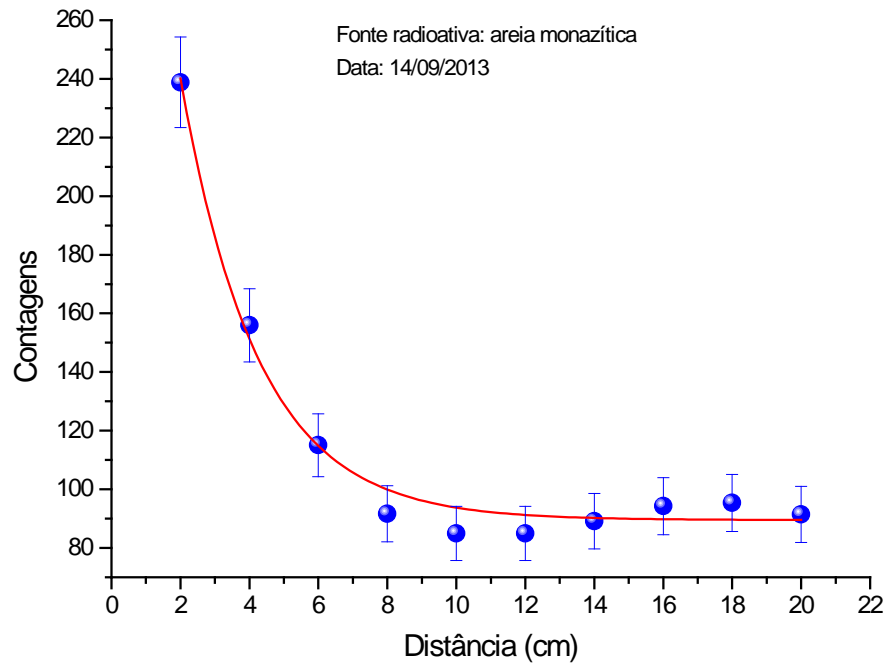


Gráfico 3 – Relação entre a leitura da radiação e a distância à fonte.

Verificamos um decaimento nas medidas até uma distância de aproximadamente 10cm, e após este valor, os valores oscilam em torno de 90cpm. Sabemos que a dependência da intensidade de radiação detectada com a distância à fonte depende de vários fatores, entre eles o fato de nossa fonte não ser pontual, a diminuição do ângulo sólido de detecção e o retroespalhamento por objetos da vizinhança. A discussão desses efeitos está além do escopo desta dissertação.

4ª Prática

Objetivos:

Observar o efeito de blindagem da radiação através do uso de variados absorvedores, especificando o poder de penetração de cada partícula envolvida.

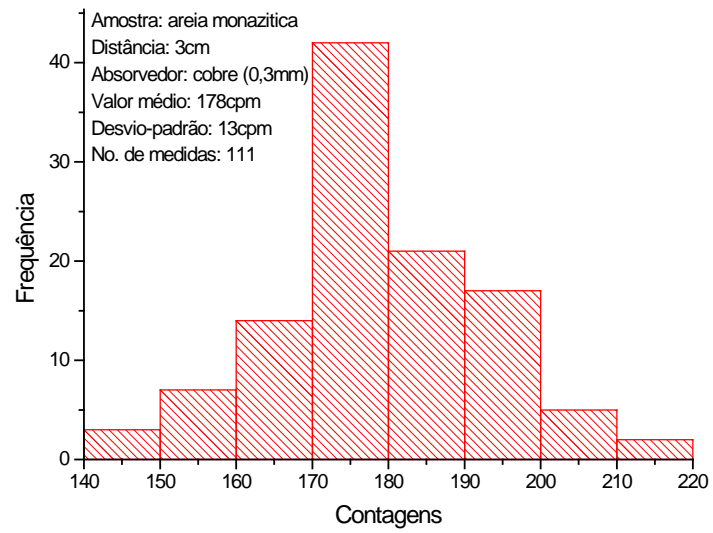
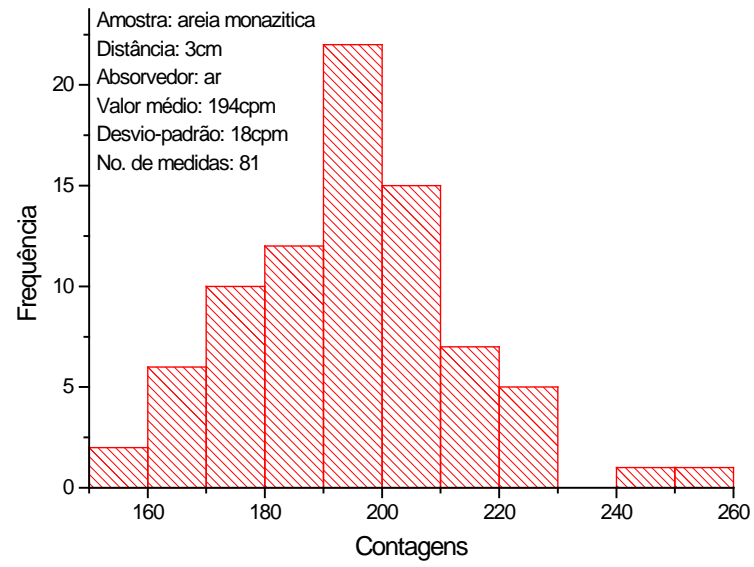
Material utilizado:

Medidor Geiger, vidro com areia monazítica e absorvedores (folha de 0,3mm de cobre e folha de 2mm de chumbo).

Descrição e comentários:

Colocamos o medidor a uma distância de 3cm da fonte radioativa e armazenamos dados durante um intervalo de tempo de 1min. Em seguida, repetimos o experimento adicionando um absorvedor, alternando entre uma folha de 0,3mm de cobre e uma folha de 2mm de chumbo.

Com isso, pudemos verificar a atenuação na presença de absorvedores através da quantidade de partículas que foram retiradas do feixe original, observando assim o efeito de interação das partículas com a matéria.



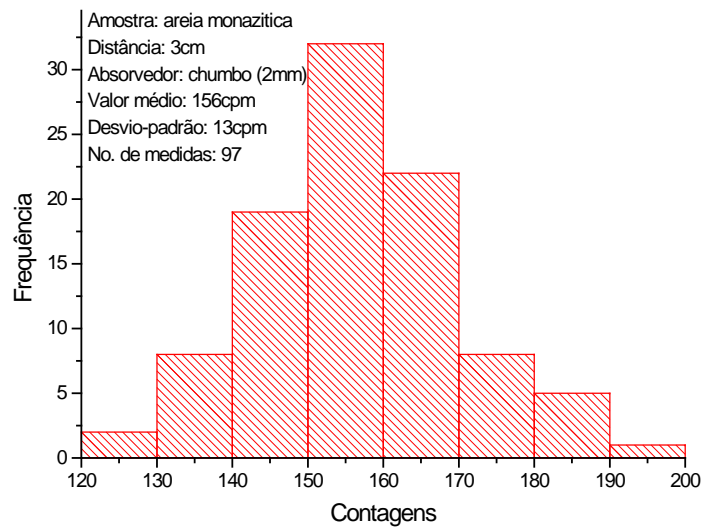


Gráfico 4 – Histograma de medidas da radiação da areia monazítica com absorvedores.

De acordo com o gráfico 5, podemos observar que o valor médio das contagens diminuiu de (194 ± 18) cpm para (178 ± 13) cpm na presença da folha de cobre e de (194 ± 18) cpm para (156 ± 13) cpm na presença da folha de chumbo, mostrando que uma folha de 2mm de chumbo é melhor absorvedora do que uma folha de 0,5mm de cobre. Contudo, não podemos afirmar com este experimento qual material é melhor absorvedor uma vez que suas espessuras são diferentes.

Essa redução nas medidas deve-se ao fato das partículas α (pouca penetrabilidade) e β serem absorvidas tanto pelo cobre como pelo chumbo – o que não ocorreu quando havia apenas ar entre a fonte e o medidor – resultando numa leitura basicamente de radiação γ . É oportuno lembrar que nas salas onde são realizados exames de Raio-X os operadores ficam atrás de biombos revestidos de chumbo a fim de evitarem riscos à sua saúde.

5ª Prática

Objetivos:

Relacionar a absorção com a espessura do absorvedor (alumínio) e verificar a aplicabilidade da Lei de Beer–Lambert³.

Material utilizado:

Medidor Geiger, areia monazítica e folhas de alumínio.

Descrição e comentários:

Para uma posição fixa do medidor, aumentamos o número de folhas de alumínio e verificamos qual o efeito de atenuação. As barras destacadas no gráfico 5 representam os valores médios calculados com seus respectivos desvio padrão em função do número de folhas utilizadas. Os histogramas das medidas encontram-se no apêndice A. A linha cheia foi obtida usando-se a função pré-programada do Origin (*exponencial decay*),

$$y(\text{contagem}) = y_0 + A \cdot e^{-b \cdot x(\text{distância})}$$

que ajusta o decaimento exponencial através do método dos mínimos quadrados.

³ Lei empírica que relaciona a absorção de radiação com o material atravessado por ela.

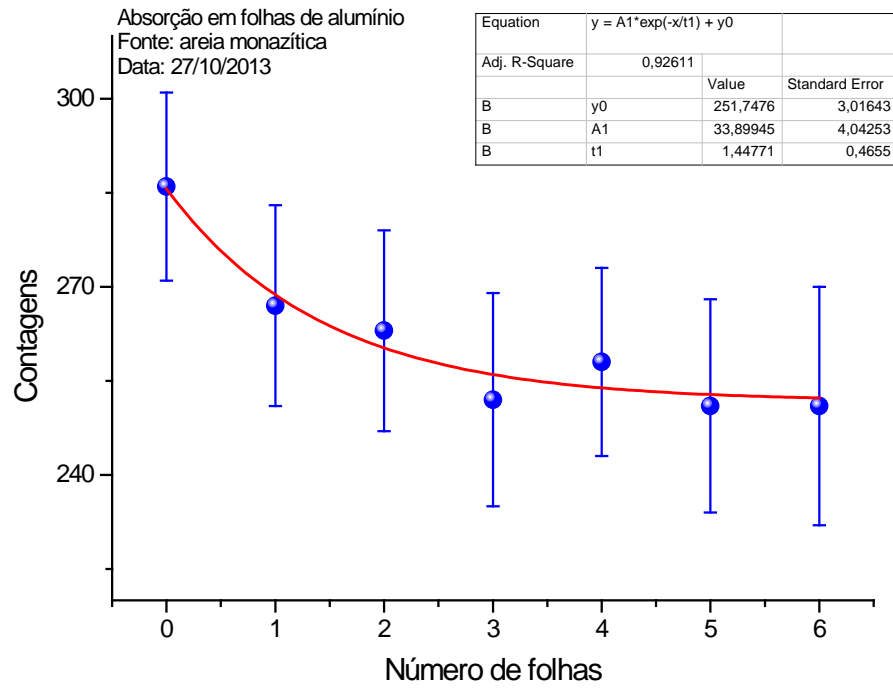


Gráfico 5 – Relação entre a leitura de radiação e o número de folhas de alumínio.

Com o aumento da espessura (número de folhas) do alumínio, verificamos que a leitura do medidor tem um decaimento aproximadamente exponencial.

2.2. Projetos avançados

6ª Prática

Objetivos:

Relacionar a radiação com a altitude e encontrar soluções satisfatórias para medir a radiação cósmica secundária (abaixo do “chuveiro cósmico”).

Material utilizado:

Medidor Geiger e GPS.

Descrição e comentários:

Fora do espaço físico da sala de aula, esta prática tem como proposta identificar a influência da altitude na radiação cósmica secundária que incide em determinada região através de 2 (dois) experimentos. Para diminuir a influência terrestre algumas soluções são conhecidas, tais como: uma espessa camada com mais de 1m de gelo⁴ (Jones, 1993) e o uso de um balão atmosférico – ou durante um voo de avião – para medir a radiação em altitudes elevadas, distantes do solo. Como não encontramos neve na cidade do Rio de Janeiro e o uso do balão (ou voando) encareceria muito o projeto, optamos em analisar a variação das contagens. Desenvolvemos os experimentos com os respectivos objetivos:

1. buscar uma analogia entre a absorção atmosférica e a quantidade de andares de um prédio;
2. determinar a influência da altitude subindo a serra de Teresópolis.

⁴ NCRP Report N. 45, Natural Background Radiation in the United States (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1975), p.63.

1º Experimento: Subindo um prédio.

Neste experimento, temos a tarefa de relacionar a absorção atmosférica da radiação cósmica secundária com o efeito de blindagem oferecido pelos andares (lajes) de um prédio. O local escolhido foi o bloco A do prédio do CT⁵. Deixamos o medidor no 2º, 4º e 6º andares coletando dados durante um intervalo de tempo de 30min em cada andar. O valor médio e o respectivo desvio padrão para cada andar encontra-se representado no gráfico abaixo (Gráfico 6) e os histogramas das medidas no apêndice B.

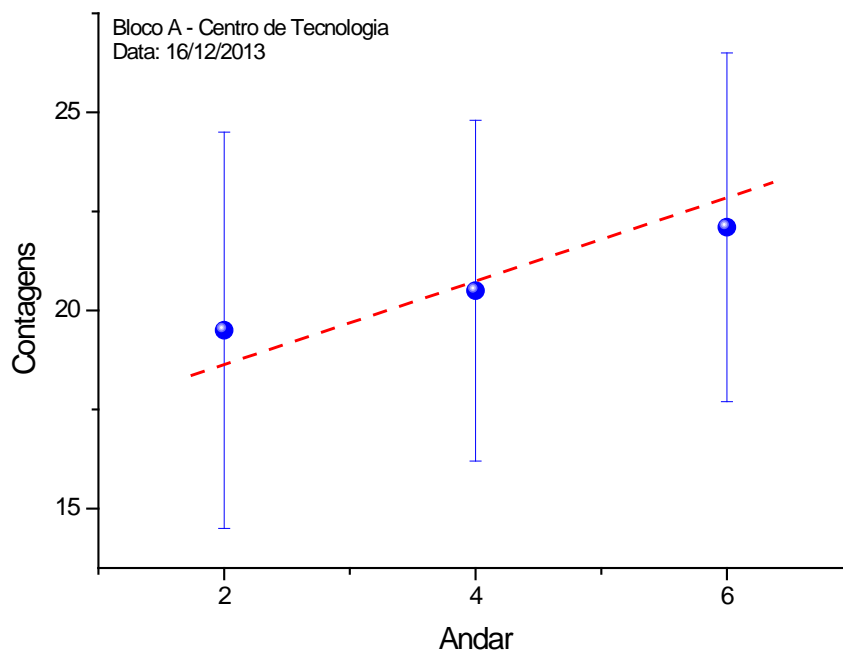


Gráfico 6 – Radiação em função do andar.

Como era de se esperar (Jones,1993), o efeito de blindagem diminui conforme subimos os andares do prédio uma vez que a quantidade de lajes de

⁵ Centro de Tecnologia, Cidade Universitária, Ilha do Fundão / RJ.

concreto acima de nós diminui, atenuando sutilmente a absorção da radiação cósmica secundária e aumentando a radiação de fundo medida: $(19,6 \pm 5,0)$ cpm no 2º andar, $(20,5 \pm 4,3)$ cpm no 4º andar e $(22,1 \pm 4,4)$ cpm no 6º andar. Em linhas gerais, podemos relacionar a blindagem oferecida por grandes aumentos de altitude (diminuição da coluna de ar) com a diminuição da quantidade de concreto conforme subimos os andares de um prédio. Sabemos que emissões de radiação vindas das paredes (areia com tório) influenciam as medidas, mas consideramos a proposta viável na medida em que essa influência é praticamente constante. Observamos uma tendência condizente com o que é fisicamente esperado, nos encorajando a colocar como uma proposta para os estudantes. Acreditamos que medições em prédios mais altos com uma amostragem maior (maior tempo de coleta por andar) diminuiriam o desvio padrão e evidenciariam o efeito procurado. No nosso caso, verificamos uma diferença do valor médio das contagens de aproximadamente 13% entre o andar mais baixo (2º andar) e o andar mais alto (6º andar).

2º Experimento: Subindo a serra de Teresópolis.

Interessados em avaliar o quanto a variação de altitude pode influenciar nas medidas da radiação cósmica, armazenamos com um intervalo de tempo de 1min contagens na subida da serra de que liga a cidade do Rio de Janeiro (nível do mar) até a cidade de Teresópolis (1.000m de altitude) e representamos no gráfico 7.

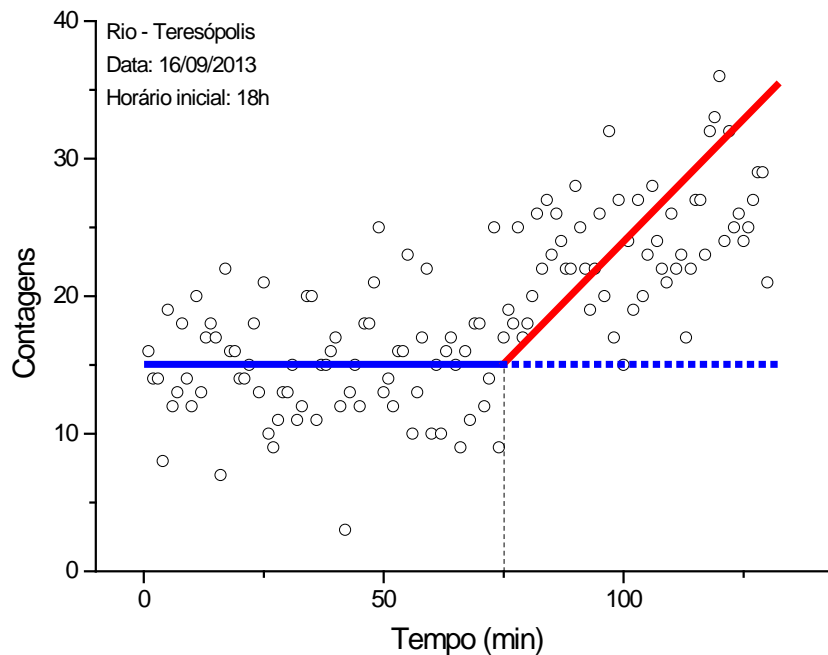


Gráfico 7 – Subida da serra de Teresópolis.

As retas (azul e vermelha) foram traçadas para nos auxiliar a perceber de que forma os dados se comportam. Até aproximadamente 75min de viagem os valores distribuem-se em torno da reta azul (15cpm). Ao iniciarmos a subida da serra de Teresópolis, observamos que os dados passam a se distribuir em torno da reta inclinada vermelha. Associamos este comportamento ao fato do aumento da altitude reduzir a absorção atmosférica, aumentando assim as contagens do medidor.

Ao descermos de grandes altitudes a coluna de ar acima de nós aumenta (maior absorção), diminuindo desta forma os valores medidos por nosso contador. Porém, curiosamente, ao descermos a serra de Teresópolis (1000m de altitude) com destino à Cidade Universitária (Ilha do Fundão), por volta das sete horas da manhã, encontramos em determinado trecho de nosso trajeto um efeito anômalo: em vez de

diminuírem, as contagens lidas por nosso medidor aumentaram (área hachurada no gráfico abaixo).

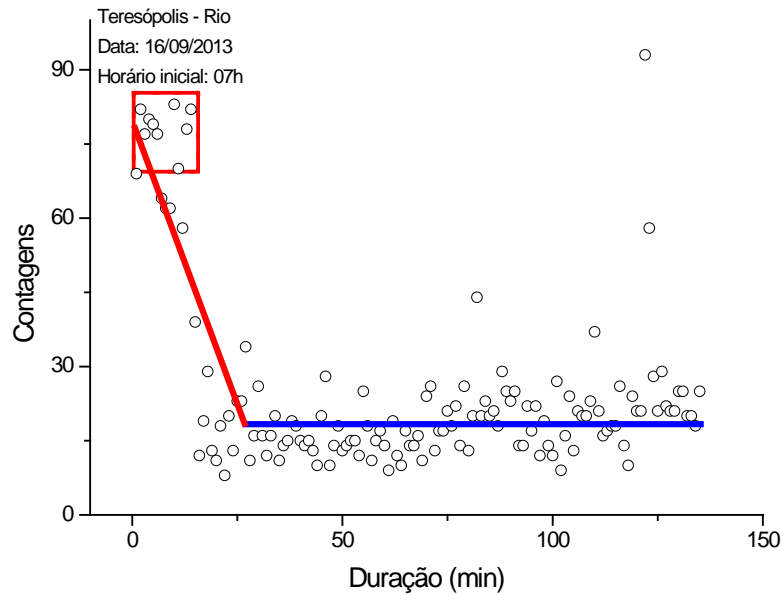


Gráfico 8 – Descida da serra de Teresópolis.

Sabedores de que muitos aspectos poderiam ter influenciado nossas medidas e que são muito comuns variações em torno do valor médio, resolvemos deixar nosso medidor armazenando contagens de um dia para o outro a fim de podermos avaliar possíveis influências do horário ao longo de um período de 24h. Os valores medidos encontram-se representados no gráfico abaixo.

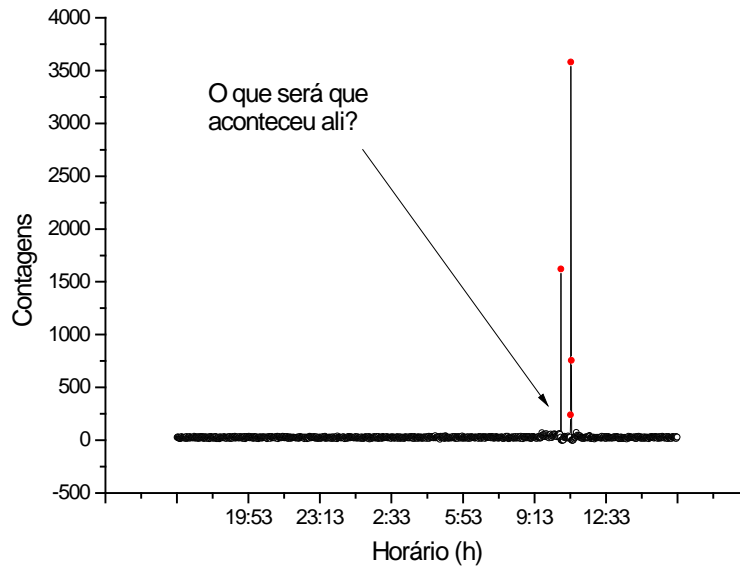
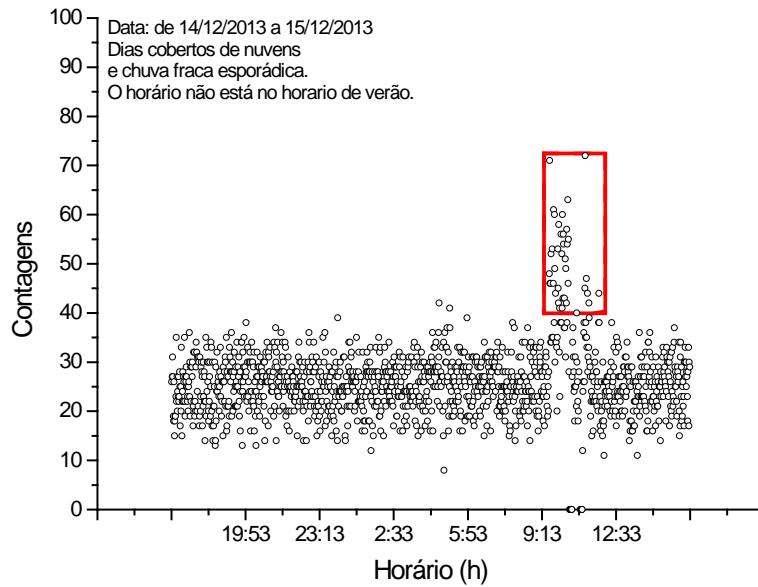


Gráfico 9 – Medidor em repouso: período de 24h.

Como podemos observar, durante um pequeno intervalo de tempo pela manhã houve um pico significativo de contagens, indicando um aumento da radiação de fundo.

Como a primeira medição (Gráfico 8) foi realizada com o medidor dentro de um veículo em movimento e a segunda (Gráfico 9) com o medidor parado na cidade de

Teresópolis e a mesma anomalia foi detectada, descartamos a possibilidade da leitura ter sido influenciada por alguma formação rochosa específica.

Refizemos as medidas durante a descida da serra de Teresópolis em outro dia (Gráfico 10) e verificamos a repetição do fenômeno (destacada pela área hachurada).

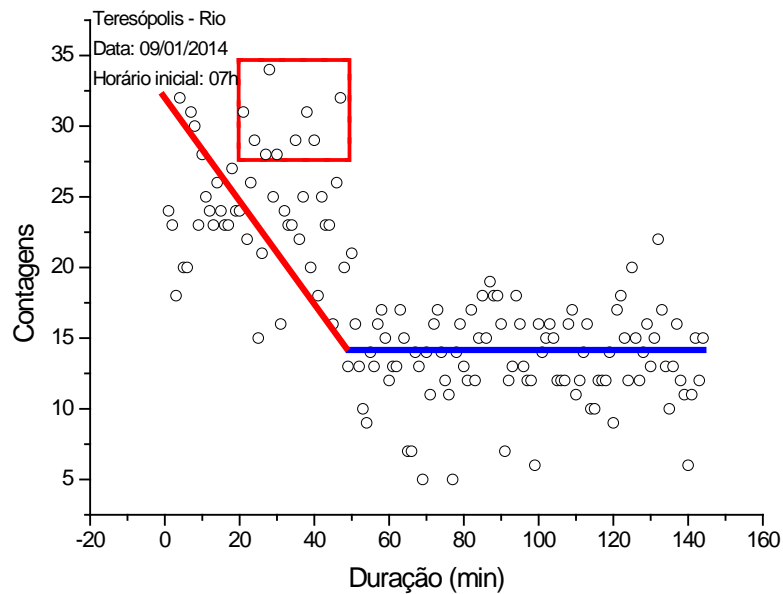


Gráfico 10 – Descida da serra de Teresópolis (2ª medição).

Consultamos o site do *Observatório de Raios Cósmicos em tempo real* da cidade do México⁶ na expectativa de obter alguma explicação plausível (alta incidência de raios solares, por exemplo) para a leitura diferenciada nas manhãs em que realizamos nossos experimentos, mas nenhuma informação relevante foi obtida.

⁶ <http://www.cosmicrays.unam.mx>

7ª Prática

Objetivos:

Obter uma relação entre a radiação medida e a posição geográfica da leitura, elaborando desta forma um mapa radioativo de determinada localidade através do uso do GPS.

Material utilizado:

Medidor Geiger e GPS.

Descrição e comentários:

Nesta prática utilizaremos as informações do GPS para criar um “mapa radioativo” do bairro da Urca, Rio de Janeiro / RJ, escolhido não só pela presença do Pão de Açúcar, mas também pela conhecida presença de contaminantes radioativos (urânio) em sua composição mineral (rocha gnáissica), nos proporcionando diferentes valores de contagens.



Figura 1 – Mapa da Urca, Rio de Janeiro / RJ.

As medições foram armazenadas com um intervalo de tempo de 1min. De posse desses dados, construímos o mapa do gráfico 11.

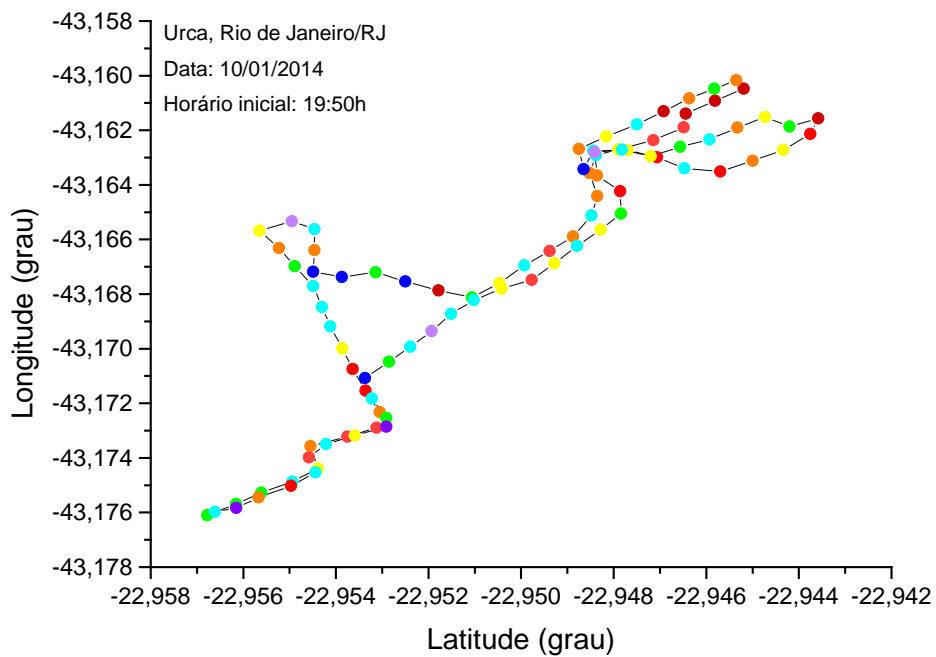
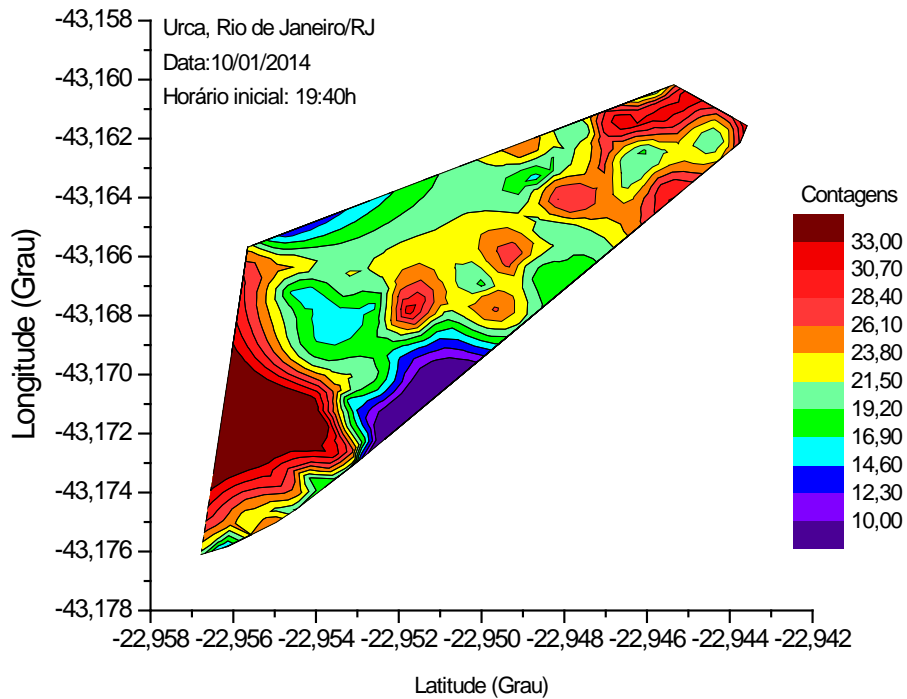


Gráfico 11 – Mapa radioativo da Urca e Trajetória percorrida, Rio de Janeiro / RJ.

Podemos observar 3 (três) picos de radiação destacados em vermelho no Mapa radioativo do gráfico 8 e assinalados no mapa da Figura 1 como região 1, 2 e 3. Comparando o Mapa radioativo da Urca com a Trajetória percorrida (Gráfico 11), verificamos que enquanto os valores foram extrapolados pelo software nas proximidades da região 1 por não terem sido percorridos, nas regiões 2 e 3 os picos coincidem com áreas percorridas. Estas regiões são próximas aos morros do Pão de Açúcar, indicando que o aumento na leitura pode ser associado, entre outros fatores, a sua formação rochosa.

Este experimento mostra que qualquer área pode ser facilmente mapeada e continuamente monitorada. Em regiões onde existe a presença de Usinas Nucleares (Angra dos Reis / RJ, por exemplo), projetos desse tipo poderiam ser implementados nas escolas públicas locais com a finalidade de formar e informar a população sobre o uso da energia nuclear.

Complementando a prática anterior (prática 6), construímos o mapa radioativo da subida da serra de Teresópolis (gráfico 12).

Trajeto Ilha do Fundão - Teresópolis

Data: 16/09/2013

Horário inicial: 18:00h

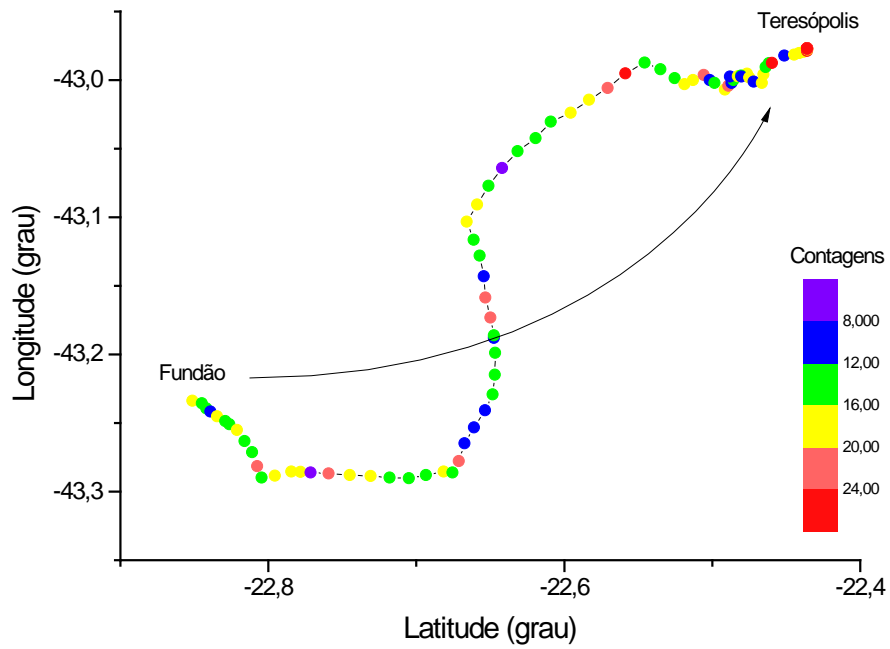
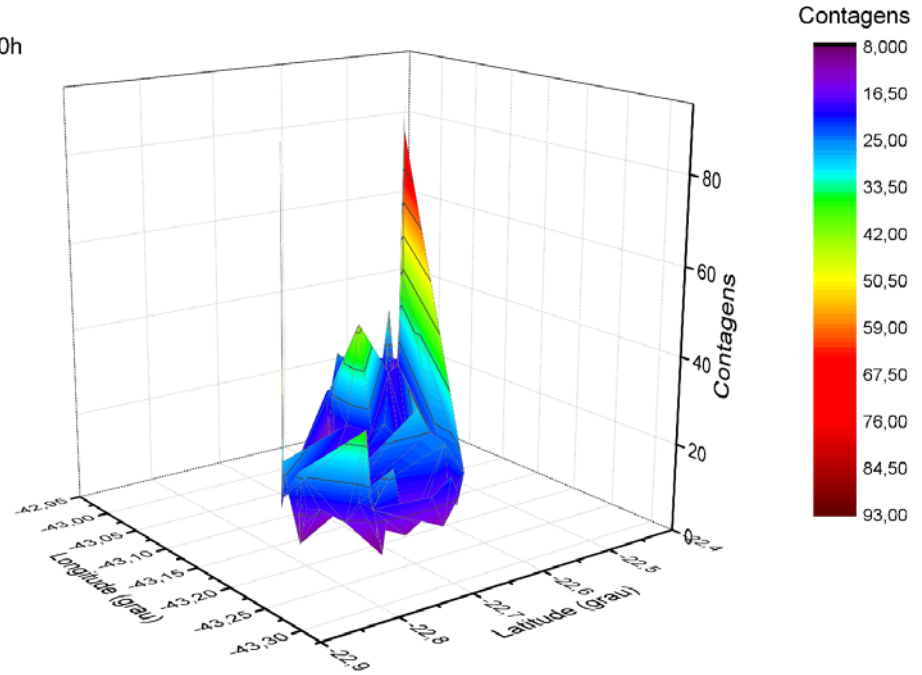


Gráfico 12 – Mapa radioativo do trajeto Ilha do Fundão – Teresópolis.

CAPÍTULO 3. CONCLUSÕES

Inicialmente, identificamos que, apesar de estarmos constantemente em contato com diversos tipos de radiações, danosas ou não à saúde humana e a partir de diversas fontes, as abordagens midiáticas tendem a reduzi-las aos seus aspectos prejudiciais, em detrimento a informação necessária para uma melhor compreensão sobre o assunto. A partir dos levantamentos e das experiências realizadas, foi possível chegarmos a múltiplas conclusões.

A realização de uma análise sobre o potencial do ensino de Física na contribuição para a formação de uma base técnica, social e pedagógica que busque uma nova forma de pensar a técnica e sua função social, nos permite destacar o caráter indispensável da abordagem de determinados conteúdos pelo professor de Física, uma vez que esta disciplina traz uma visão particular, mesmo sobre conteúdos abordados por outras disciplinas. Assim, foi possível identificar na documentação oficial referente ao ensino de física, respaldo e apoio para a abordagem sobre a física das radiações, especialmente para o ensino médio.

A apresentação detalhada das funções do contador Geiger e de sua interação com a placa Arduino mostram que este conjunto pode se tornar uma ferramenta viável de ser adquirida e montada. É possível constatar também, que sua praticidade torna possível seu uso pelos professores. Porém, vale destacar que um projeto desta relevância demanda tempo disponibilizado pela escola, para que o professor prepare e desenvolva o projeto junto aos alunos, e motivação do grupo com o qual se está trabalhando. Envolvem, também, algumas dificuldades, como investimento financeiro, necessidade de autorização para trabalhos fora da escola, esforço de esclarecimento

junto às famílias e a escola no sentido de assegurar que, apesar de estar realizando experimentos com radiação, de forma alguma existem riscos à saúde dos participantes, entre outras.

Se, por um lado enxergamos algumas dificuldades, por outro o fato de tal projeto levar para sala de aula uma ferramenta diferente, através de metodologias inovadoras que ultrapassam os muros da escola, aproximando o ensino de física à vida real – sem que os alunos sejam obrigados a decorar fórmulas que, em geral, desestimulam os mesmos ao aprendizado –, faz com que esta seja uma forma de apoio adequada ao exercício de uma educação libertadora (na concepção de Paulo Freire) por parte dos professores de Física.

Uma vez que estes projetos exigem dos alunos competências diferentes, os mesmos induzem a possibilidade de uma abordagem interdisciplinar deste conteúdo. A abordagem por parte de professores de disciplinas como Geografia, História, Química e Matemática é essencial para uma visão holística sobre o assunto, evitando um trabalho reducionista a ponto de descontextualizarmos nossos esforços, ou amplo demais, a ponto de não entendermos as especificidades da questão trabalhada.

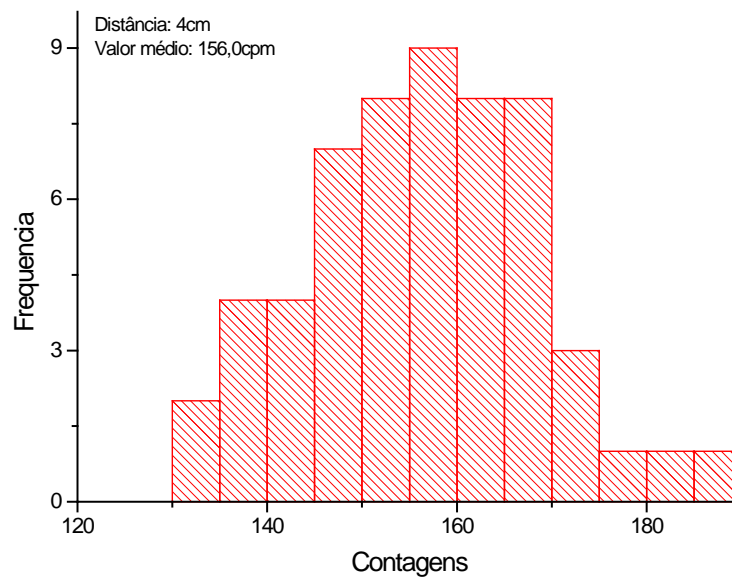
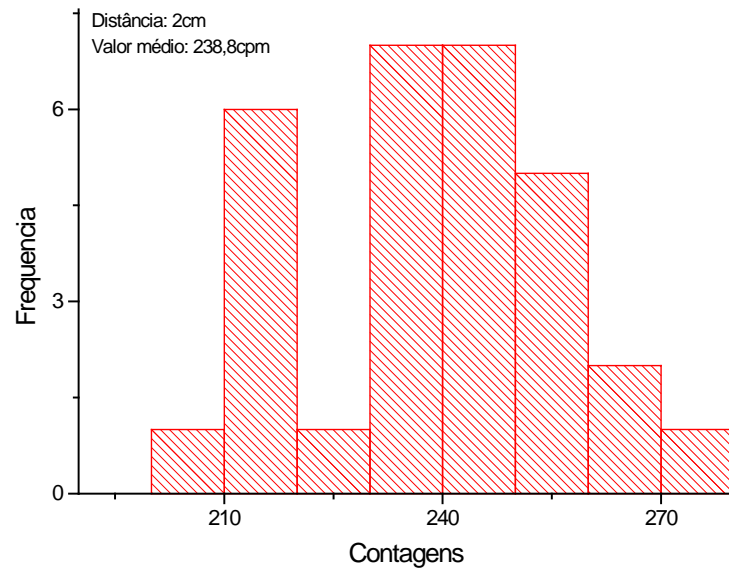
Ressaltamos que, em muitos casos, a precariedade do ensino das ciências experimentais pode dificultar o sucesso do trabalho, uma vez que este envolve conteúdos, como análise de dados estatísticos, que, se não forem trabalhados a priori e de forma satisfatória, inviabilizarão uma abordagem racional, inteligível e assimilável aos alunos.

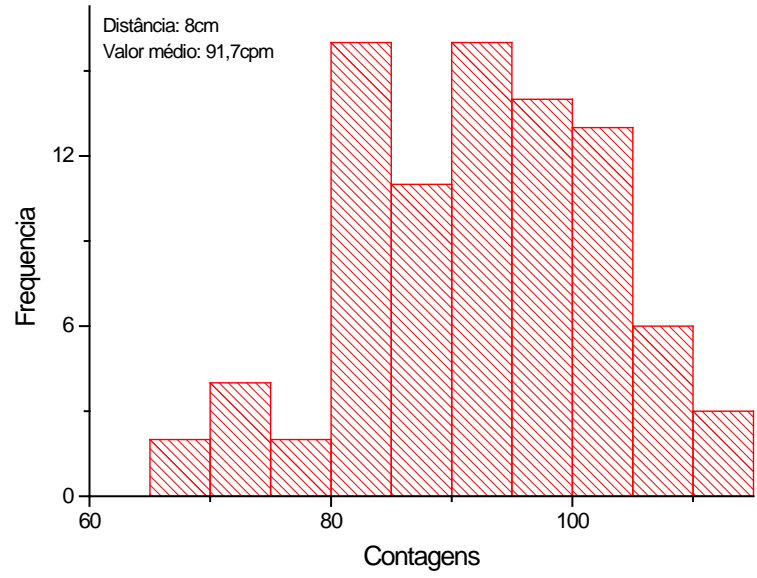
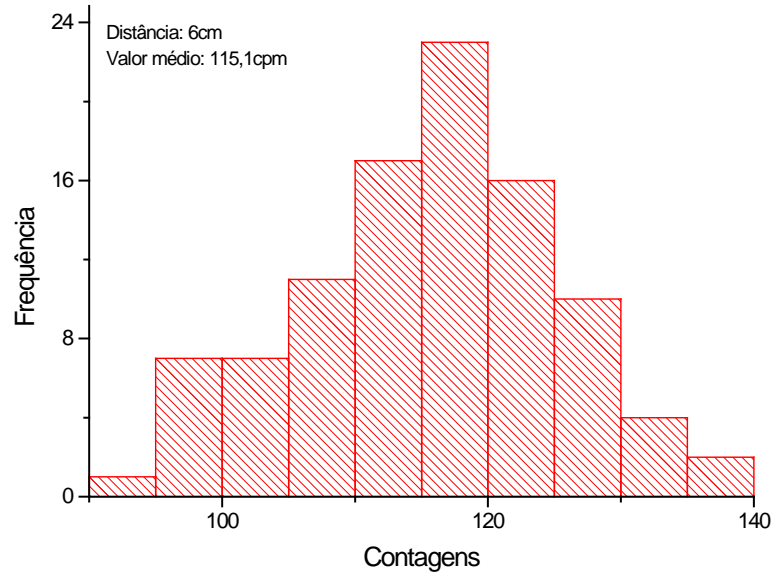
Para termos uma visão um pouco mais realista de uma grandeza estatística, precisamos de uma alta amostragem dessa grandeza. Quanto maior a quantidade de pontos medidos, menor será o desvio padrão e mais próximos estaremos de

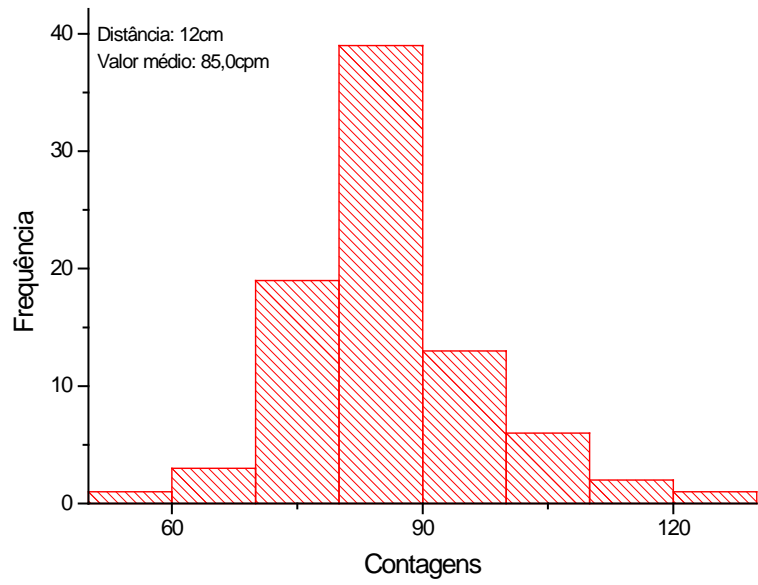
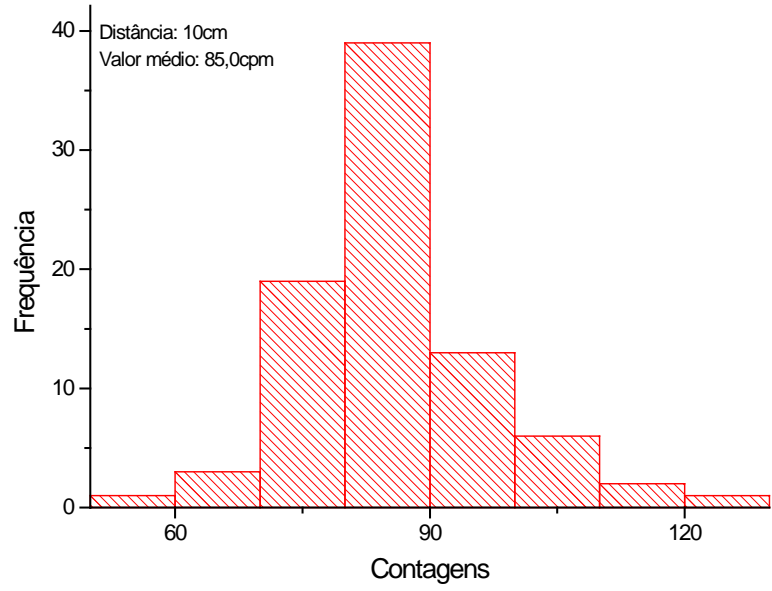
descrever a distribuição estatística principal. Sabemos da importância da análise da dispersão de dados em nossas práticas de ensino da Física das radiações, porém, o principal foco desta proposta não foi discutir esse problema. Assim, destacamos a importância da realização de novos estudos que desenvolvam outras metodologias que complementem esta que apresentamos.

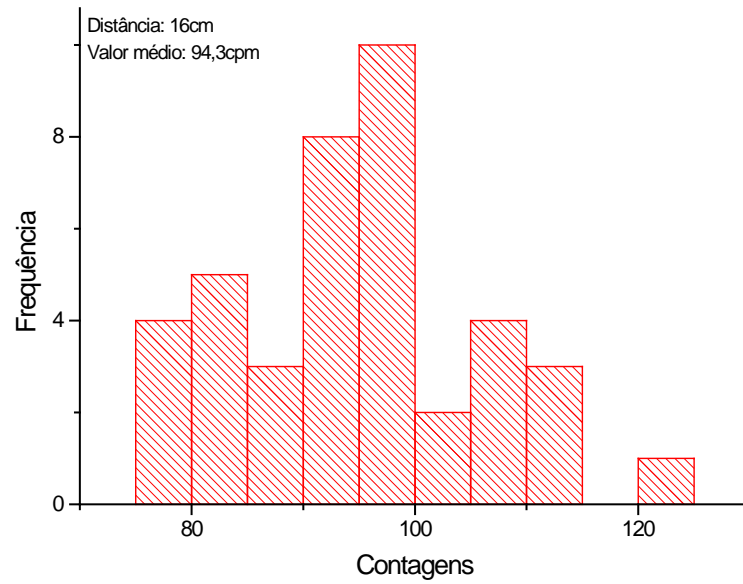
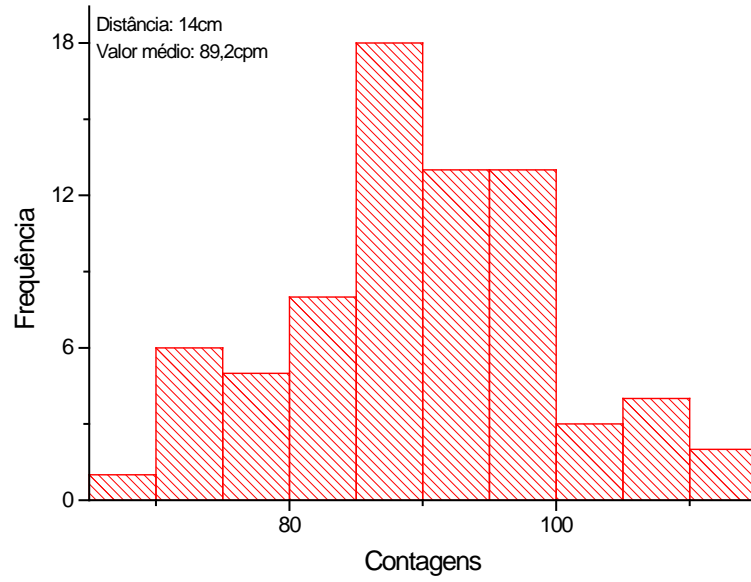
APÊNDICE A – HISTOGRAMAS E FIGURAS EXTRAS

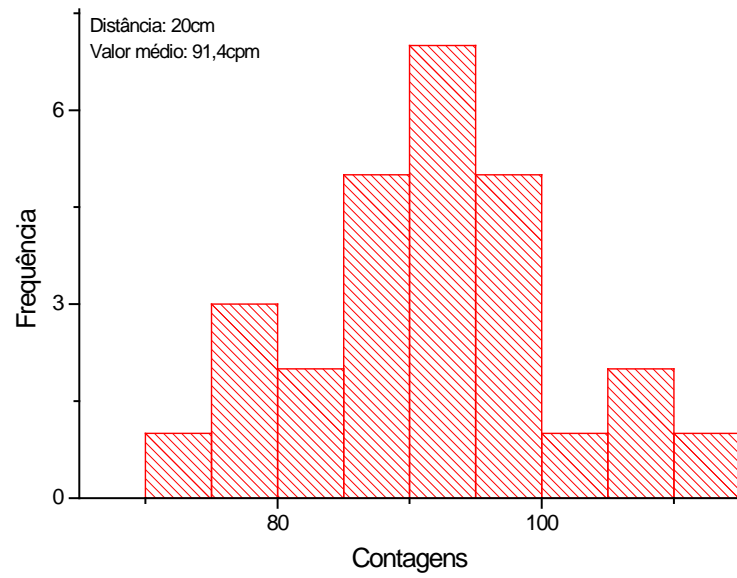
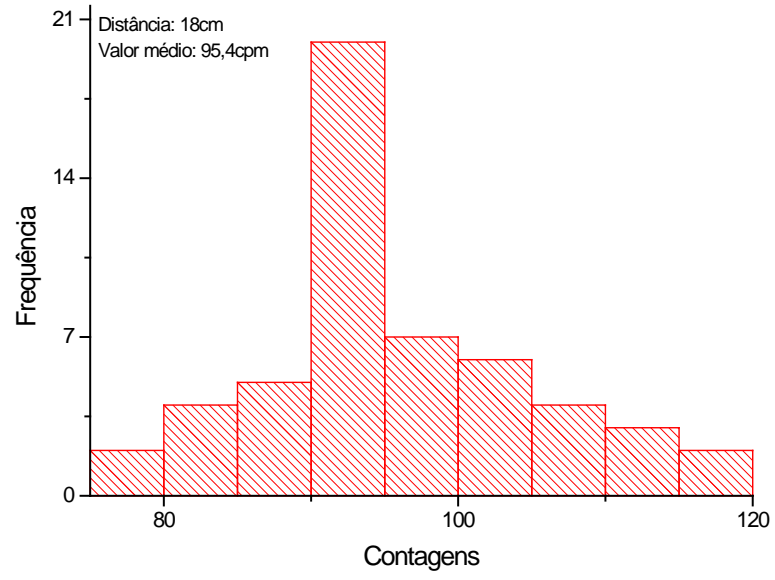
Prática 3: Histogramas para cada posição da fonte.

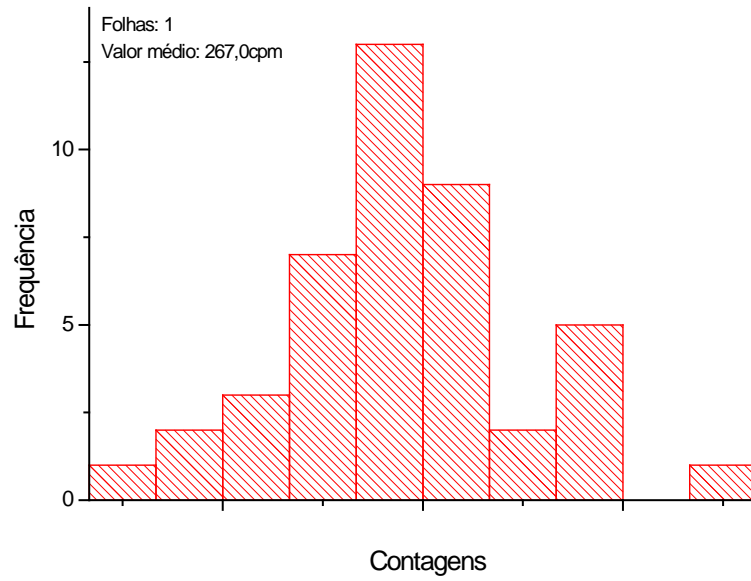
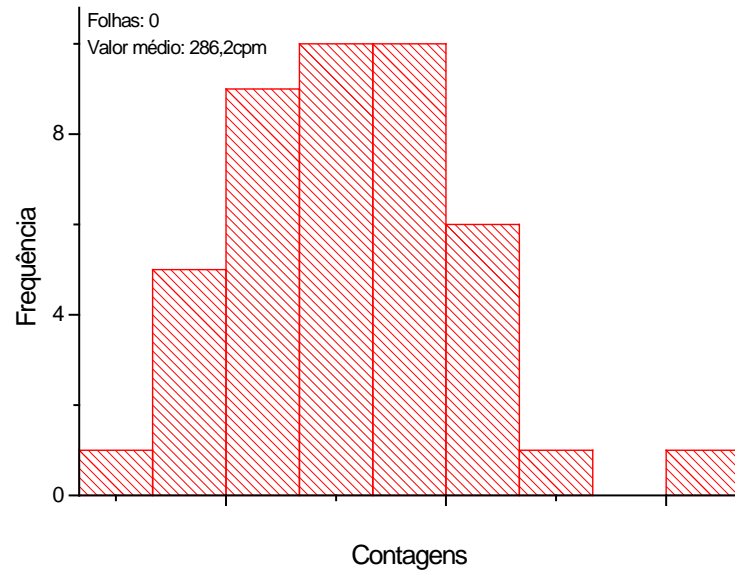


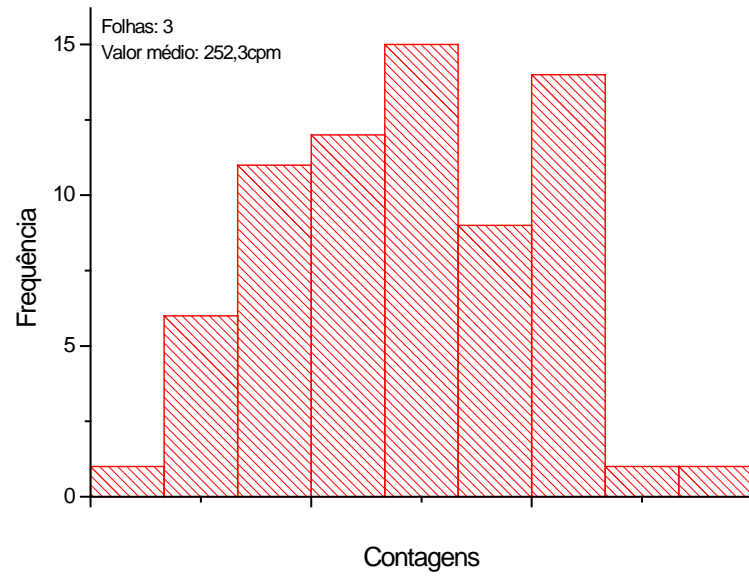
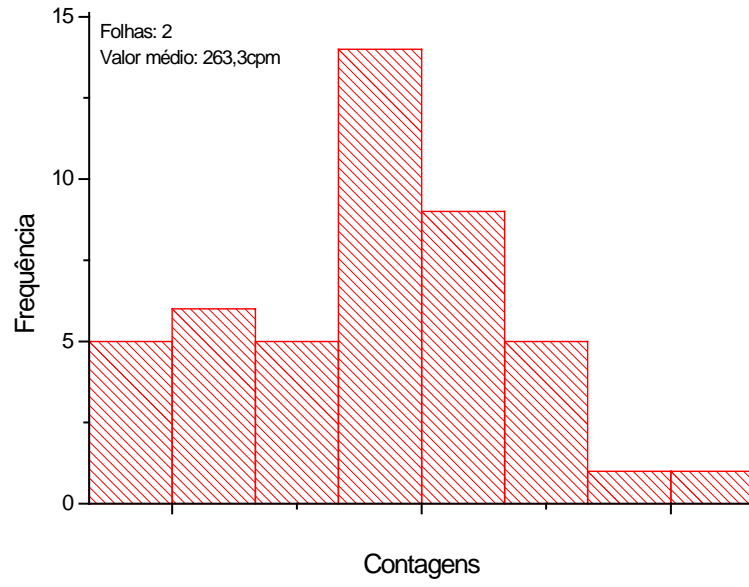


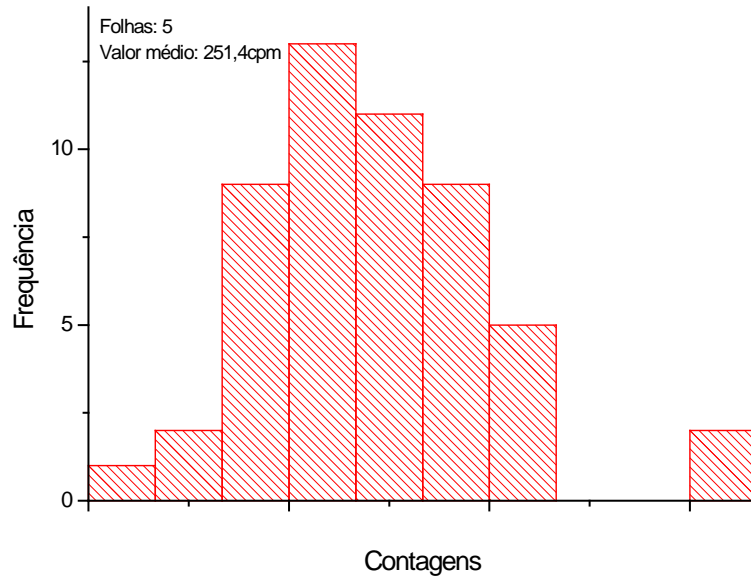
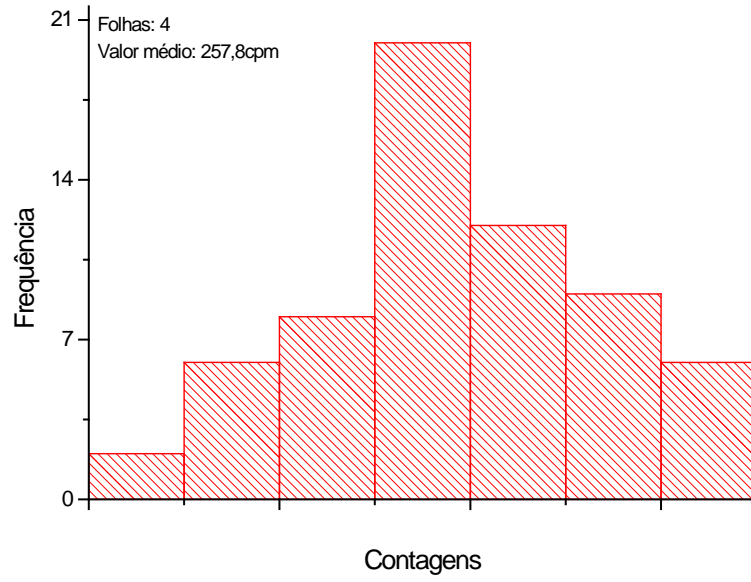


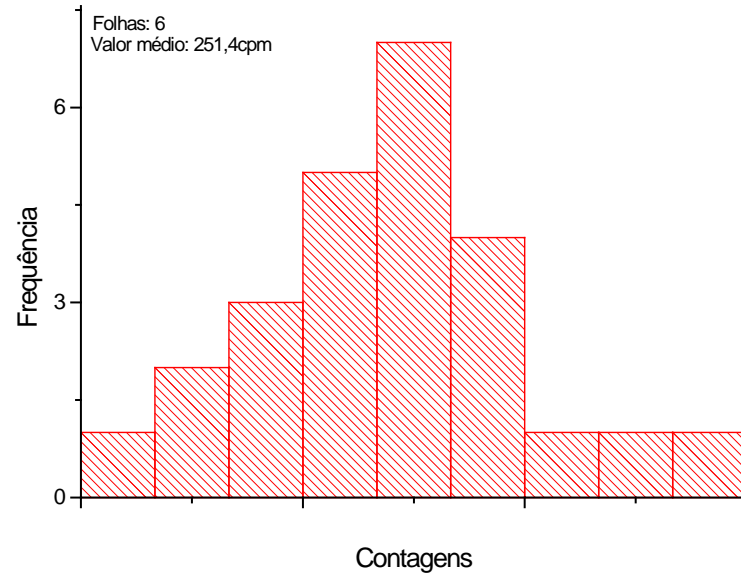


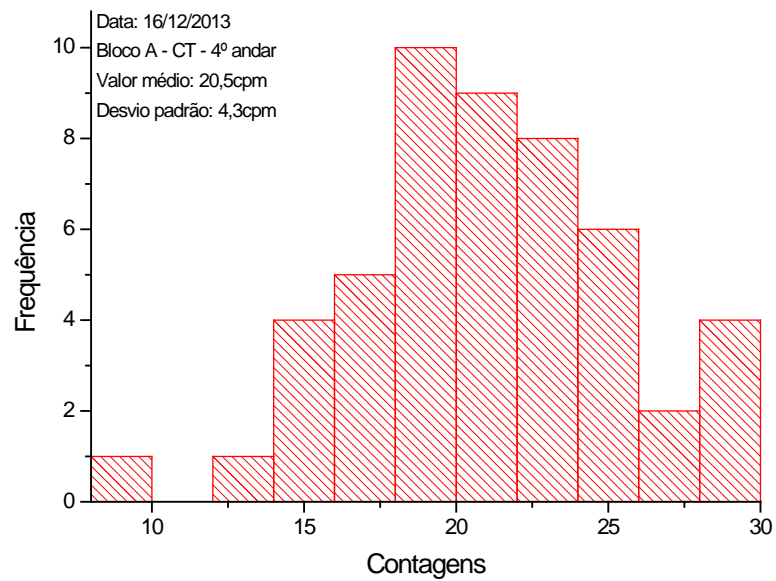
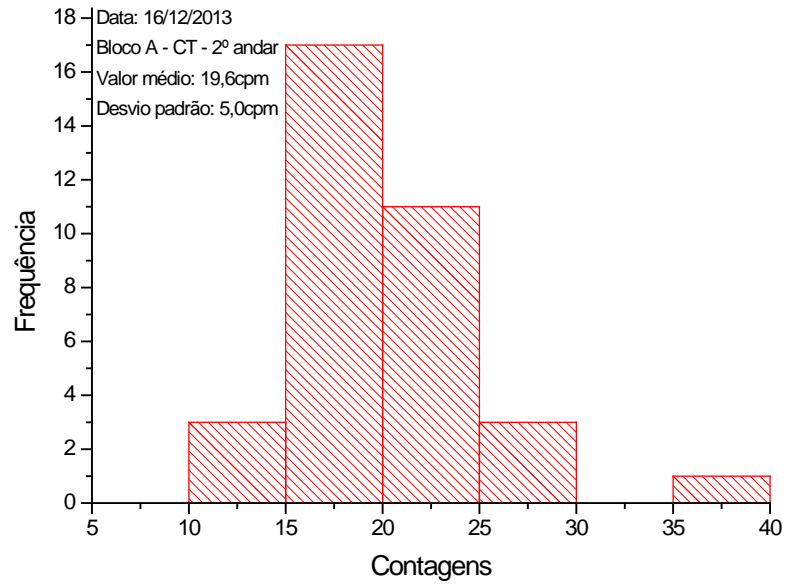


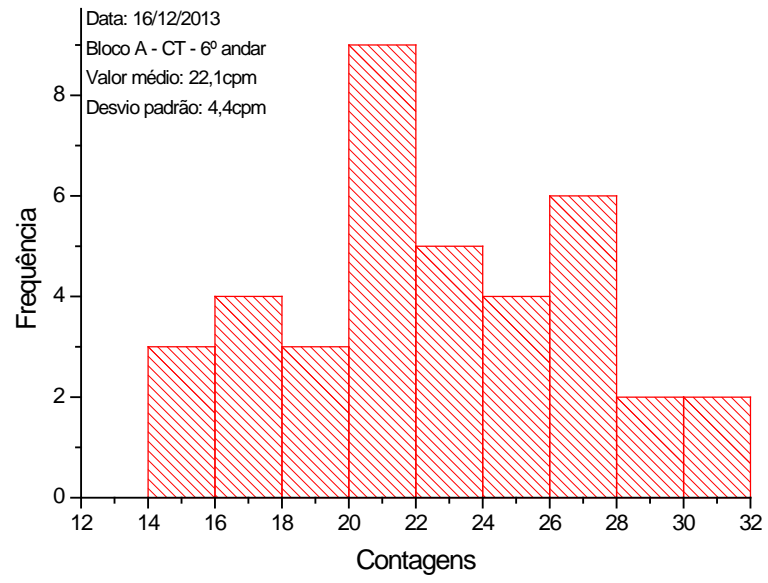
Prática 5: Histogramas para cada folha de alumínio.







Prática 6: Histogramas para cada andar do prédio.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Érika Vieira de. **A radioatividade e suas aplicações**. USP, 2004.

BAUMAN, Zygmunt. **Globalização. As Consequências Humanas**. Ed. Zahar. Rio de Janeiro. 1999.

BLANCO, Francesco, LA ROCCA, Paola e RIGGI, Francesco. **Cosmic rays with portable Geiger counters: from sea level to airplane cruise altitudes**. European journal of physics, 30 (2009) 685-695.

BRASIL, Ministério de Educação e Cultura. LDB - Lei nº 9394/96, de 20 de dezembro de 1996. **Estabelece as diretrizes e bases da Educação Nacional**. Brasília: MEC, 1996.

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura – Secretaria de Educação Básica. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Acesso em: 28/06/2013. (a)

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura – Secretaria de Educação Básica. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**, 2002. PCN+. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 28/06/2013. (b)

CAPRA, Fritjof. **Conexões Ocultas: Ciência para uma vida sustentável**. Ed. Cultrix. São Paulo, 2002.

CLOSE, F., MARTEN, M. e SUTTON, C. 1987, **The Particle Explosion** (Oxford Univ. Press, New York).

COUCH, Jack G. e VAUGHN, Kelly L. **Radioactive consumer products in the classroom**. The physics teacher, v33, janeiro, 1995.

Comissão Nacional de Energia Nuclear, **Apostilas educativas: A história da energia nuclear, Aplicações da energia nuclear, Energia nuclear, Radioatividade e Radiações ionizantes.**

FONSECA, Antonio Sergio Almeida. **Exposição crônica a radiação ionizante: realidade ou fantasia. A construção de um protocolo para avaliação.**

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia. Saberes necessários à prática educativa.** Editora Paz e Terra. São Paulo. 25ª Ed. 1996.

HARVEY, David. **Condição Pós-Moderna. Uma pesquisa sobre as origens da mudança cultural.** Ed. Loyola. São Paulo. 22ª Ed., 2012.

International Atomic Energy Agency, **The radiological accident in Goiânia,** Vienna, 1988.

JONES, Brian. **Cosmic ray studies on skis and on campus.** The physics teacher, v31, novembro, 1993.

LAGUNA, Caio. **Estudo de raios cósmicos utilizando uma câmara de nuvens de baixo custo.** Revista brasileira de ensino de física, v33, n3, 3302, 2011.

LASTRES, Helena Maria Martins e ALBAGLI, Sarita; **Chaves para o Terceiro Milênio na Era do Conhecimento.** In Informação e globalização na era do conhecimento / Helena M. M. Lastres, Sarita Albagli (organizadoras). – Rio de Janeiro: Campus, 1999.

MEDEIROS, Rogério Fachel de. Dissertação de mestrado profissional: **Elaboração de um material de apoio didático e paradidático para o ensino de física das radiações no ensino médio e técnico.** UFRGS, 2011.

MOREIRA, João Vítor de Almeida. **Radiobiologia – efeito das radiações ionizantes na célula – e formas de protecção das radiações ionizantes.** Universidade da Beira Interior, 2011.

OKUNO, Emico. **Radiação: efeitos, riscos e benefícios.** São Paulo, Harbra, 1988.

OKUNO, Emico. **Efeitos biológicos das radiações ionizantes.** Estudos Avançados, 2013.

OLIVEIRA, Carmen Helena Carvalho. Dissertação de mestrado profissional: **A radioactividade e o ambiente no ensino secundário**. Universidade de Lisboa, 2006.

PEREIRA, Ozimar da Silva. **Raios cósmicos: introduzindo física moderna no 2º grau**. São Paulo: Instituto de Física e Faculdade de Educação – USP, 1997. Diss. maestr. Ensino de Ciências.

RÊGO, Florbela Martins. Dissertação de mestrado profissional: **As radiações no ensino**. Universidade de Lisboa, 2004.

SANTOS, Milton. **A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção**. Ed. da Universidade de São Paulo. São Paulo. 4ª Ed., 2012

SILVA, Diogo Neves Gomes da e PEREIRA, Marcus Vinicius. **Radiações ionizantes em livros didáticos do nono ano do ensino fundamental**. IFRJ/campus Maracanã e UFRJ/NUTES, 2011.

SOUZA, Anderson Ribeiro, PAIXÃO, Alexsander Corrêa, UZÊDA, Diego Dias, DIAS, Marco A., DUARTE, Sergio e AMORIM, Helio Salim. **A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v33, n1, 1702 (2011).

TEMPORAL, Waldo Fonseca, OLIVEIRA, Geraldo da Fonseca, CAMPOS, Roberta Leal Costa de e GALIZIA, Maurício Stanzione. **Radiação cósmica e vôo**. RMAB, 55 (1/2) Jan/Dez 2005.