

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS

**GUIA PARA AULA DE CAMPO SOBRE TÓPICOS
DE FÍSICA NUCLEAR**

SANDRA MARIA GOMES DE SOUSA

Proposta de ação didática resultante da dissertação realizada sob a orientação do Prof. Dr. Carlos Rinaldi e co-orientação do Prof. Me Miguel Jorge Neto e apresentada à banca examinadora como requisito à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de concentração: Ensino de Física, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Mato Grosso.

Cuiabá, MT, setembro de 2012.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	1
REFERENCIAL TEÓRICO	3
CONHECENDO O LOCAL.....	5
REVISANDO.....	6
ALGUNS CONCEITOS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS.	6
ALGUNS ACONTECIMENTOS HISTÓRICOS DA FN	7
A FÍSICA DA RADIOTERAPIA	8
SALA DE SISTEMA DE PLANEJAMENTO.....	8
Discussões favoráveis: Noções básicas de tratamento radioterápico, Função do físico em radioterapia, Efeitos adversos da radioterapia e Fontes de radiação.....	8
SALA DE COMANDO DA RADIOTERAPIA EXTERNA.....	10
Discussões favoráveis: Órgãos competentes de atividades radioativas, Radioproteção, Contaminação radioativa e Irradiação.....	10
SALA DE RADIOTERAPIA EXTERNA	12
Discussões favoráveis: Noções básicas da Teleterapia, Equipamentos radioterápicos e Simbologia.....	12
SALA DE RADIOTERAPIA INTERNA	14
Discussões favoráveis: Noções básicas de braquiterapia, Atividade, Meia-vida e Rejeitos radioativos.....	14
AULAS DIALÓGICAS.....	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

APRESENTAÇÃO

Esta proposição didática foi elaborada no contexto do Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Mato Grosso. No qual foi aludido a utilização de aula de campo (AC) como estratégia favorecedora da aprendizagem significativa (AS) como atividade crítica de tópicos de física nuclear (FN), em uma abordagem CTS – Ciência Tecnologia e Sociedade, contextualizada e interdisciplinar.

Partindo da premissa de que viver em sociedade traz deveres e direitos, praticá-los é o diferencial do ato de exercer nossa cidadania. Esta que depende de todos e é vivenciada nas ações sociais. Concebendo a escola como possuidora de um papel relevante nessas ações, as estratégias escolares em tempos de uma sociedade denominada moderna tornam-se insuficientes quando se têm por particular objetivo o repasse estático dos conhecimentos educacionais, dentre esses, o científico; que é arraigado de novas tecnologias e muito destas fundamentam-se nos princípios da FN.

Ainda hoje, aplicações radioativas assim como os acidentes nucleares e radiológicos são providas de causas e consequências desconhecidas da grande parte da população. Nesta mesma linha de pensamento, tratamentos oncológicos são descritos com base quase que exclusivamente no senso comum, levando algumas vezes a entendimentos errôneos.

Não há, portanto, como se fazer indiferente às aplicações do arcabouço que contempla fenômenos radioativos. Ignora-las parece não atender às necessidades do aluno do ensino médio (EM) que a cada dia se insere mais nas interações sociais e em suas problemáticas, como por exemplo, o câncer.

O INCA – Instituto Nacional de Câncer apontou que nas últimas décadas o câncer ganhou uma dimensão maior, convertendo-se em um problema de saúde pública mundial. Nesse sentido, a OMS - Organização Mundial da Saúde apresentou para o ano de 2030 as seguintes estimativas: 27 milhões de casos incidentes, 17 milhões de mortes e 75 milhões de pessoas vivas, com câncer.

Ainda segundo o INCA, para o enfrentamento do câncer, são necessárias ações que incluam a educação em saúde em todos os níveis da sociedade e a promoção e precauções orientadas a indivíduos e grupos tais como os representados pela comunidade escolar. Nesta perspectiva, esta proposta concentrou-se em AC com alunos do 3º ano do EM no Setor de Radioterapia do HCMT - Hospital de Câncer de Mato Grosso. Tendo como produto este material didático, que denominei **guia para atividade de campo sobre tópicos de Física Nuclear** em auxílio às práticas do professor.

Inicialmente é apresentado o **referencial teórico** que fundamenta este trabalho; neste aborda-se a TAS, a TASC e os PCN, entre outras teorias e orientações que se dedicam ao entendimento do processo ensino-aprendizagem e suas relações com o aprender à cidadania. Posteriormente, em **conhecendo o local** faz-se uma abordagem informativa do local proposto à AC: setor radioterápico do HCMT; são aludidos, por exemplo, os serviços prestados, equipamentos e técnicas utilizadas no combate ao câncer. Em seguida, é apresentada uma **revisão** de alguns conceitos físicos, químicos e biológicos e de alguns acontecimentos históricos da FN, de modo a se evidenciar as relações interdisciplinares dos fenômenos radioativos e a intrínseca evolução histórico-social desta área do conhecimento. Após isso, em a **física da radioterapia** é feita uma descrição de discussões favoráveis em cada ambiente do setor radioterápico com base em dados disponibilizados pelo CENTRONRAD - Centro de Oncologia e Radioterapia, pela CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear e pelo INCA. Para finalizar, em **aulas dialógicas** trata-se de algumas das experiências vivenciadas nas atividades desenvolvidas; por fim, uma síntese das ações desenvolvidas para a realização da AC no setor de radioterapia, o **Guia Prático**.

REFERENCIAL TEÓRICO

Entendendo indispensável o desenvolvimento do ensino em ciências de qualidade sem o planejamento de trabalhos de campo que sejam articulados às atividades de classe (BRASIL, 1998), este material didático procurou consolidar-se em um referencial teórico que sugira conexão com as práticas do professor, na expectativa de motivar este profissional à reflexão da utilização da AC como estratégia didaticamente viável e de se tratar os tópicos de FN como fator importante na eficiência da educação em ciências.

Para Moreira (2004), os objetivos da educação em ciências são possibilitar que os alunos sejam capazes de “interpretar o mundo desde o ponto de vista das ciências, manejar alguns conceitos, leis e teorias científicas, abordar problemas raciocinando cientificamente, identificar aspectos históricos, sociais e culturais das ciências”. Esses objetivos parecem corroborar com o desenvolvimento de competências, estas que utilizam, integram, ou mobilizam os conhecimentos. Para Perrenoud (1999) se desenvolveu competência quando se é capaz de apoiar-se nesses conhecimentos para agir eficazmente em um determinado tipo de situação.

Nesse sentido, Brasil (2002) disponibiliza três conjuntos de competências: Representação e Comunicação, Investigação e Compreensão e Contextualização sociocultural; de modo que o aluno possa desenvolver capacidades, tais como: do aprender, do questionamento pautado, da interpretação e da intervenção dos processos naturais e tecnológicos dos conhecimentos das ciências. Quando estes conhecimentos são compreendidos como “resultado de uma construção humana” e, reconhecidos e avaliados em seu contexto “tecnológico contemporâneo, suas relações com as ciências, seu papel na vida humana, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social”, diz-se que a ação educacional foi eficiente (BRASIL, 2002).

Ao que parece, no contexto educacional eficiente busca-se que o aluno vá além de aprender os significados dos conceitos estudados, que estes sejam incorporados em suas ações de modo eficaz. O que vem de encontro à TASC elaborada pelo professor Moreira (2005), que se trata da potencialização da aprendizagem significativa (AS) em situação de ensino-aprendizagem; estimula o indivíduo a ir além de aprender significativamente. Dentre os princípios

facilitadores da aprendizagem significativa crítica (ASC) tem-se a valorização de se aprender perguntas ao invés de respostas; a importância da diversificação do material instrucional e das estratégias didáticas; o distanciamento de práticas didáticas que idealizam o estudante um papel exclusivo de receptor; o professor como mediador; a necessidade de permitir que o aluno se expresse e que aprenda a linguagem – percepção do mundo, de maneira crítica.

Observa-se, então, uma abordagem do currículo com ênfase em CTS cujo objetivo geral é auxiliar os educandos ao exercício da cidadania. Este que necessita que se tenha entre os objetos de estudo escolares àqueles de estreita relação com o cotidiano. Nesta perspectiva, Brasil (2002) apresenta os denominados temas estruturadores, dentre estes “Matéria e Radiação”, que é visto como imprescindível ao jovem moderno, pois cada vez mais esses conhecimentos estão presentes na vivência do seu dia-a-dia.

Para tanto, se faz necessário práticas escolares que aproveitem aquilo que o aluno já sabe; provenientes de temas socialmente relevantes; que sejam diversificadas, abertas a sugestões e críticas, contextualizadas e interdisciplinares (AUSUBEL, 1968, BRASIL, 1998; MOREIRA, 2005; PERRENOUD, 1999). Em nosso caso, que direcionem os estudantes à ASC dos conhecimentos da FN. Sendo a AS caracterizada pela interação entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio; e a AS como atividade crítica possibilidade da integração social do aluno de maneira independente.

A atividade de campo além de corroborar com a diversificação de estratégias didáticas; fator discutido por Moreira (2005) e na busca de informações em fontes variadas, descrita como procedimento importante para o ensino-aprendizagem em ciências (BRASIL, 1998) demonstrou-se eficiente em motivar os alunos ao estudo proposto. Por mais que se caracterize como uma proposta que vai além das paredes que delimitam o território escolar, isto não a define. Não cabe apenas sair da instituição educacional, mas sim disponibilizar ao aluno uma alternativa a mais na busca da aprendizagem com significados que o auxilie no entendimento dos conhecimentos próprios da natureza e da interação desta com o homem.

CONHECENDO O LOCAL

O HCMT (figura 01), localizado na cidade de Cuiabá – MT teve início de suas atividades em 1999. Conforme divulgado em site oficial¹, seu conceito teve como inspiração e base, a Associação Mato-grossense de Combate ao Câncer - AMCC, que foi fundada em 1954 por um grupo de médicos e não médicos.



Figura 01 – HCMT

O hospital é uma entidade privada e filantrópica no tratamento do câncer. Em 2011, através do SUS - Sistema Único de Saúde, Planos de Saúde e Particulares realizou aproximadamente 47 000 atendimentos.

Dentre suas especialidades médicas, realiza a radioterapia. Como o paciente oncológico tem um custo elevado, aumenta ainda mais a dependência de ações da sociedade e empresas, no sentido de apoiar o funcionamento do HCMT. Assim, se valoriza o sistema de parcerias aos serviços prestados aos pacientes oncológicos; o setor de radioterapia localizado no hospital é um desses parceiros.

Este departamento radioterápico é uma das duas unidades ambulatoriais que compreendem o CENTRONRAD – Centro de Oncologia e Radioterapia. Essas unidades são classificadas pelo Ministério da Saúde como Centros de Alta Complexidade em Oncologia no estado de Mato Grosso; este credenciamento só é concedido a serviços capazes de oferecer atenção integral ao paciente em um só espaço físico. Segundo o CENTRONRAD², para garantir este suporte aos pacientes oncológicos, as unidades contam com os mais avançados equipamentos, especialistas com formação nos mais importantes centros do país e do exterior e moderna infraestrutura. Dentre os equipamentos e serviços, possui: Acelerador linear, Simulador convencional e Tomográfico, Radioterapia conformada tridimensional, Radioterapia convencional - bidimensional, Radioterapia com elétrons e Braquiterapia de alta taxa de dose.

¹ <http://www.facapartedestahistoria.com.br/>

² Disponível em: <http://www.centronrad.com.br/>

REVISANDO...

ALGUNS CONCEITOS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS.

O **átomo** é a menor partícula de um elemento que conserva suas propriedades químicas. Consiste de elétrons, que formam as camadas eletrônicas, e uma região central muito pequena, o núcleo, composto por prótons e nêutrons.

As propriedades químicas dos átomos são definidas pelo **número atômico Z** (número de prótons existente no átomo), sendo esta a característica que diferencia um elemento de outro. Normalmente, o número de unidades de carga positiva é igual ao da negativa, tornando o átomo eletricamente neutro.

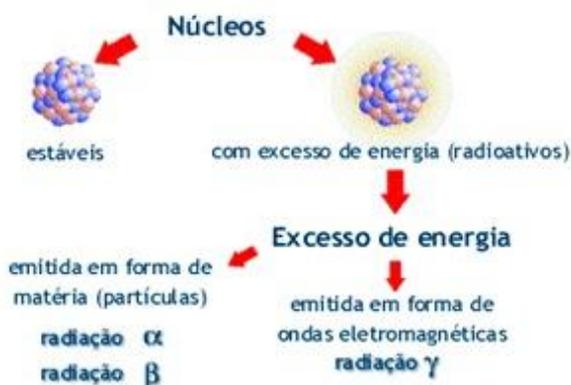
A soma de prótons e nêutrons presentes no núcleo atômico é denominada **número de massa (A)**.

Denomina-se **nuclídeo** qualquer espécie nuclear (núcleo de um dado átomo) definida por seu número atômico (Z), número de massa (A) e estado energético.

Átomos do mesmo elemento químico possuem o mesmo número atômico, mas não necessariamente o mesmo número de massa, já que podem diferir pelo número de nêutrons. Estes nuclídeos são chamados **isótopos**.

Nuclídeos podem ser **estáveis** ou **instáveis**. Estáveis são aqueles que preservam sua identidade de elemento químico indefinidamente; os instáveis podem sofrer um **processo espontâneo de transformação** (desintegração) e se converter em outro nuclídeo. Neste processo, pode haver a **emissão de radiação**.

*Imagem:
Apostila
Educativa
Radioatividade,
p. 05*



Toda a informação genética encontra-se inscrita nos genes, numa "memória química" - o ácido desoxirribonucleico - **DNA**. É através do DNA que os cromossomos passam as informações para o funcionamento da célula.

Uma célula normal pode sofrer alterações no DNA dos genes. É o que chamamos **mutação genética**. As células cujo material genético foi alterado passam a receber instruções erradas para as suas atividades. Essas células diferentes são chamadas **células cancerosas**.

Radiações ionizantes são radiações cuja energia é suficiente para arrancar elétrons de seus orbitais. Ao interagir com a matéria, resulta na transferência de energia para os átomos e moléculas que estejam em sua trajetória.

Nesta interação, as radiações ionizantes podem provocar **ionização**, processo de formação de átomos eletricamente carregados, ou seja, íons, pela remoção ou acréscimo de um ou mais elétrons.

Criam efeitos químicos como a hidrólise da água e a **ruptura das cadeias de DNA**.

Fontes:

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. Princípios básicos de segurança e proteção radiológica. Disponível em: <http://www6.ufrgs.br/spr/SegurancaProtRad.pdf>. Acesso em 10 de ago. de 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE CANCER. O que é Câncer. Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: http://www.inca.gov.br/conteudo_view.asp?id=100. Acesso em 10 de ago. de 2011.

ALGUNS ACONTECIMENTOS HISTÓRICOS DA FN

A **Teoria Atomística** foi edificada inicialmente no quinto século antes de Cristo pelos filósofos gregos **Leucipo** e **Demócrito**. Demócrito afirma que o Universo tem uma constituição elementar única que é o átomo, partícula indivisível, invisível, impenetrável e animada de movimento próprio.

Somente no início do século XIX, foi retornada a hipótese atômica. Em 1803, essa hipótese foi proposta por **John Dalton** (1766-1844).

Foram estabelecidas as hipóteses da existência de **molécula** que correspondem ao **agrupamento de átomos** e que os átomos transportavam cargas elétricas.

O primeiro modelo de átomo foi apresentado por **J. J. Thomson** (1856-1940). O modelo é conhecido como “pudim de ameixas”. O átomo é constituído por um núcleo positivo (o pudim) no qual se acham incrustados os elétrons (as ameixas).

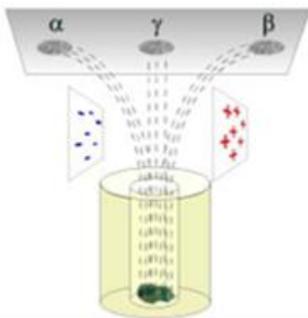
No estudo da radioatividade natural, verificou-se a existência de três tipos de radiação:

Raios ou Partículas alfa (α) – partículas positivas, desviadas em um campo magnético e em sentido contrário dos raios catódicos; constituem núcleos de hélio.

Raios ou partículas beta (β) – são mais penetrantes que as partículas α ; são elétrons. O estudo da desintegração beta foi realizado, em 1934, por Enrico Fermi (Itália, 1901-1954).

Raios gama (γ) – verificou-se que eram radiações eletromagnéticas, pois não sofriam desvio ao atravessar campos elétricos ou magnéticos.

Imagem:
Apostila
Educativa
Radioatividade
07 da
CNE



Ernest Rutherford (Nova Zelândia, 1871-1937) estabeleceu um modelo atômico. Resultados dos desvios das trajetórias das partículas permitiram o estabelecimento do seu modelo nuclear, com **núcleo** central e positivo, em torno dele gravitam partículas negativas, os elétrons.

W. C. Roentgen (Alemanha, 1845-1923), em 1895, descobriu um tipo de radiação que atravessava corpos opacos, apesar de serem absorvidos em parte por eles. Como eram de natureza desconhecida, foram denominados de Radiação X ou **Raios-X**.

O físico francês **Antoine Henri Becquerel** (1852-1908), em 1896, estabeleceu que os **sais de urânio** emitiam radiações análogas às dos Raios-X.

Os raios de Becquerel foram estudados por **Pierre** (França, 1859-1906) e **Marie Curie** (Polônia, 1867-1934). Em 1898, Marie Curie descobriu que entre os elementos conhecidos, o Tório apresentava características radioativas de urânio. O casal Curie já explicava a **radioatividade** como uma propriedade atômica. Em 1898, separando quimicamente vários elementos radioativos, foi descoberto o polônio; em 1910, o rádio.

Entre 1913 e 1915, **Niels Bohr** (1885-1962), em Copenhague, estudando o problema da estabilidade do átomo de Rutherford, estabeleceu uma teoria na qual havia a aplicação de **hipóteses quânticas no momento dos elétrons**.

Fonte:

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Ensino: História da Energia Nuclear. Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/ensino/apostilas/historia.pdf>>. Acesso em 10 de ago. de 2011. Livro “História da Energia Nuclear”. Publicado pela CNEN (1983). 23p. Autor: Jader Benuzzi Martins.

A FÍSICA DA RADIOTERAPIA

SALA DE SISTEMA DE PLANEJAMENTO

Discussões favoráveis: Noções básicas de tratamento radioterápico, Função do físico médico em radioterapia, Efeitos adversos da radioterapia e Fontes de radiação.

Fazendo uso da radioterapia, a equipe multidisciplinar do HCMT, que é composta, dentre outros especialistas, pelo radio-oncologista e o físico médico em radioterapia, trabalha no combate aos mais diversos tipos de câncer³.

Nome dado um conjunto de doenças que têm em comum o crescimento desordenado de células, que invadem tecidos e órgãos; determinando a formação de tumores malignos, que são acúmulos de células cancerosas, que podem espalhar-se para outras regiões do corpo.

Neste ambiente (Figura 02), que é chamado no HCMT de “Sala da Física”, o físico médico em radioterapia realiza os cálculos para o planejamento do tratamento com base nas prescrições do radio oncologista; faz-se uso de softwares de planejamento radioterápico, que podem ser demonstrados em imagens tridimensionais (Figura 03). Com as novas tecnologias os programas computacionais possibilitam uma melhor distribuição da dose de radiação, o que permite maior precisão da região irradiada e, conseqüentemente, menor dano às células sadias.

A radioterapia é uma especialidade médica que utiliza radiações ionizantes para destruir um tumor ou inibir seu crescimento; é um método oncológico de tratamento local e que é desenvolvido



Figura 02: “Sala da Física”
Planejamento tridimensional.

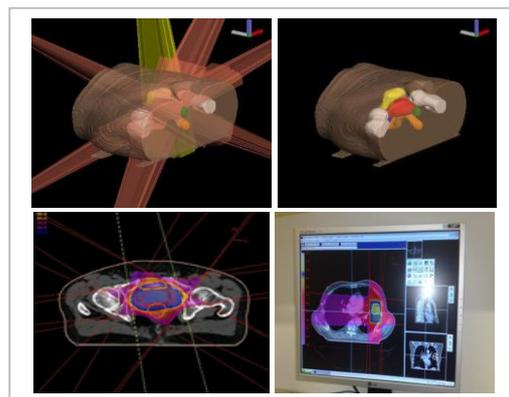


Figura 03: Algumas janelas de
trabalho.

³ <http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/cancer/site/oquee>

em razão do entendimento da estrutura do átomo instável, emissão radioativa e sua interação com a matéria. Qualquer dose absorvida⁴ de radiação ionizante, inclusive derivada de radiação natural, pode induzir câncer ou matar células. Os danos biológicos dependem basicamente da dose absorvida, da taxa e da forma da exposição – ato ou condição de estar submetido à radiação ionizante.

Grandeza dosimétrica fundamental expressa por $D=d\varepsilon/dm$, onde $d\varepsilon$ é a energia média depositada pela radiação em um volume elementar de matéria de massa dm . A unidade no SI de D é o joule por quilograma, denominado gray (Gy).

Entretanto, os efeitos adversos ocasionados pela ação radioterápica são, em geral, bem tolerados, desde que sejam respeitados os princípios de dose total de tratamento e o fracionamento de dose⁵.

Na maior parte das situações, uma dose fracionada produz efeitos menores do que a aplicada de uma só vez. Isso é de fácil entendimento, pois possibilita a reparação de lesões das células sadias durante o período de tratamento.

Ocorrendo em um processo minucioso, o tratamento radioterápico, procura definir o melhor planejamento clínico além de considerar a qualidade de vida dos pacientes. Para isso, são necessários exames específicos e reunião entre médicos e físicos para se avaliar riscos e benefícios. Através, por exemplo, de imagens produzidas, delimita-se a área a ser tratada e esta, no caso da radioterapia externa, é marcada na pele do paciente como forma de orientação às aplicações radioativas.

São várias as fontes radioativas utilizadas. Segundo dados do INCA têm-se aparelhos que geram radiação a partir da aceleração de elétrons, liberando raios X e elétrons, ou a partir de fontes de isótopo radioativo, como por exemplo, pastilhas de cobalto, as quais geram, principalmente, raios gama.

⁴ CNEN- NN 3.01 - Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica (Resolução CNEN/2005).

⁵ Disponível em: <http://www1.inca.gov.br/enfermagem/docs/cap7.pdf>

SALA DE COMANDO DA RADIOTERAPIA EXTERNA

Discussões favoráveis: Órgãos competentes de atividades radioativas, Radioproteção, Contaminação radioativa e Irradiação.

A radioterapia é um dos exemplos do manuseio lícito das radiações ionizantes. Os órgãos

competentes das atividades radioativas⁶ possuem, dentre outras atribuições, determinar normas, fiscalizar, executar ações de pesquisa e prestar assistência no campo de tecnologia nuclear e suas aplicações em diversas áreas.

Essa fiscalização também é realizada pelas denominadas vanguardas⁷. São acordos internacionais assinados entre países que utilizam material nuclear para fins pacíficos. Tratam de medidas destinadas à proteção e ao controle desse material.

Todas as instalações e todos aqueles que lidam diretamente ou se beneficiam de fontes radioativas seguem

exigências de segurança estabelecidas. Essas, na área da saúde, são direcionadas, por exemplo, ao licenciamento de instalações em medicina para a prática de

AIEA - Agência Internacional de Energia Atômica trabalha com os seus Estados-Membros e parceiros no mundo todo para promover o uso seguro e pacífico das tecnologias nucleares. É uma organização autônoma integrante da ONU – Organização das Nações Unidas.

CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear é o órgão responsável pelo controle das atividades radioativas no território brasileiro, como por exemplo, a mineração de elementos radioativos, a produção e a comercialização de materiais nucleares. Autarquia federal vinculada ao Ministério de Ciência e Tecnologia tem sede e foro no Rio de Janeiro (RJ).

CRCN – CO - Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro-Oeste localizado em Goiânia (GO). Este centro regional da CNEN, criado em 1997, objetiva: “Abrigar e monitorar os depósitos definitivos de rejeitos oriundos do acidente radiológico de Goiânia, ocorrido em 1987”.

INCA – Instituto Nacional de Câncer é órgão auxiliar do Ministério da Saúde no desenvolvimento e coordenação das ações integradas para a prevenção e o controle do câncer no Brasil.

⁶ <http://www.iaea.org>; <http://www.cnen.gov.br>; <http://www.crcn-co.cnen.gov.br>; <http://www.inca.gov.br>

⁷ Disponível em: <http://www.cnen.gov.br/seguranca/salvavidas.asp>

radioterapia, tais como licença de construção, aquisição de fontes radioativas, autorizações para operação e para modificação.

Seguindo as Diretrizes Básicas de Radioproteção⁸ e os Serviços de Radioproteção estabelecidos pela CNEN estes estabelecimentos, na monitoração periódica, realizam a medida de taxa de exposição mensal nas áreas controladas⁹.

Corresponde um conjunto de medidas que visam proteger o homem e o meio ambiente de possíveis efeitos indevidos causados pela radiação ionizante.

Área sujeita a regras especiais de proteção e segurança. Com a finalidade de controlar as exposições normais, prevenir a disseminação de contaminação radioativa e prevenir ou limitar a amplitude das exposições potenciais.



Figura 04: Sala de comando da radioterapia externa.

Quanto ao paciente, durante as sessões de radioterapia externa, permanece sozinho na sala de tratamento e é a todo o momento monitorado via vídeo da sala de comando (figura 04) situada em ambiente próprio, ao lado da sala onde se encontra o paciente em tratamento.

Conforme designa a CNEN, tão grande quanto os seus benefícios, porém, é a responsabilidade que o uso exige. Este órgão traz conceitos como *blindagem*, que é o material ou dispositivo interposto entre fontes de radiação e pessoas ou meio ambiente para fins de redução da exposição externa e *descontaminação* que é a remoção ou redução de contaminação radioativa a níveis aceitáveis. Também distingue *contaminação radioativa* da *irradiação*. Entende que contaminação, radioativa ou não, caracteriza-se de pela presença indesejável de um material em determinado local, onde não deveria estar. Já a irradiação é a exposição de um objeto ou um corpo à radiação, o que pode ocorrer a alguma distância, sem necessidade de um contato íntimo. Desse modo, durante as sessões radioterápicas os pacientes não estão sofrendo contaminação radioativa, mas sim submetidos à irradiação.

⁸ CNEN - NN 3.05 - Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Medicina Nuclear (Resolução CNEN/1996).

⁹ CNEN- NN 3.01 - Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica (Resolução CNEN/2005).

SALA DE RADIOTERAPIA EXTERNA

Discussões favoráveis: Noções básicas da Teleterapia, Equipamentos radioterápicos e Simbologia.

A radioterapia externa também conhecida como teleterapia é a forma de radioterapia em que a fonte de radiação é posicionada externamente ao paciente. Sua aplicação é ambulatorial, ou seja, não há necessidade de internação do paciente; e depende da dose prescrita e das técnicas utilizadas.

Conforme informa a Sociedade Brasileira de Radioterapia - SBRT a radioterapia externa é denominada em relação à energia usada, em geral expressa em elétron-volt (eV):

Ortovoltagem – quando se utiliza equipamentos que

1 eV - energia cinética adquirida por um elétron ao ser acelerado por uma diferença de potencial elétrica de 1 Volt; 1 eV é da ordem de $1,6 \times 10^{-19}$ joules.

fornecem energia menor do que 1 MeV, exemplo, a Roentgenterapia; *Megavoltagem* – os equipamento usados fornecem energia maior do que 1 MeV, exemplos, a Telecobaltoterapia e os aceleradores lineares. Sendo este último o equipamento utilizado no HCMT (Figura 05).

O princípio básico de funcionamento dos aceleradores lineares¹⁰ tem como base os conhecimentos da física e da engenharia nuclear. Trata-se de técnica de aceleração de elétrons, sem necessidade de altas diferenças de potencial entre dois eletrodos, que ao invés de usar um gerador de tensão constante utiliza um gerador de tensão variável. Onde, um elétron ou agrupamento de elétrons é ejetado em um feixe de ondas de radiofrequência. Esse processo de ação combinada tem como consequência que o elétron é mais acelerado.



Figura 05: Equipamento radioterápico – teleterapia.

O procedimento radioterápico se inicia com o posicionado correto do paciente, posteriormente feixes radioativos, gerados pela máquina de tratamento,

¹⁰ Para saber mais: Páginas 237-251 do livro SCAFF, L. A. M. A Física da Radioterapia, ed. 1. São Paulo: Savier, 1997.

são incididos na área previamente delimitada pelos especialistas. Cada aplicação dura em média 10 minutos e é realizada de maneira sequencial em cinco dias por semana, em geral, por um período de 25 semanas.

Durante a sessão o paciente fica deitado, imóvel na mesa junto ao equipamento. Conforme explica o INCA¹¹ as radiações utilizadas não são vistas, e durante a aplicação o paciente não sente nada. Nessas aplicações busca-se atingir o maior número possível de células tumorais com menor dano às células normais circunvizinhas, à custa das quais se fará a regeneração da área irradiada. A morte celular pode ocorrer por variados mecanismos, desde a inativação de sistemas vitais para a célula até sua incapacidade de reprodução.

Os ambientes que lidam com procedimentos radioterápicos são sinalizados por meio de simbologias específicas. Após meticolosos testes e muito tempo de trabalho a AIEA e a ISO - Organização Internacional de Padronização lançaram o novo símbolo de presença de radioatividade (Figura 06). Composto por imagens que evidenciam sinal de perigo, este símbolo alerta as pessoas sobre fontes radioativas perigosas, que podem ocasionar mortes ou sérios danos com a exposição acidental. Não irá substituir o símbolo já existente (Figura 07), mas sim complementá-lo.



Figura 06: Novo símbolo de presença de radioatividade.



Figura 07: Símbolo internacional indicativo da presença de radiação ionizante.

¹¹ Disponível em: http://www.inca.gov.br/conteudo_view.asp?id=100

SALA DE RADIOTERAPIA INTERNA

Discussões favoráveis: Noções básicas de braquiterapia, Atividade, Meia-vida e Rejeitos radioativos.

Na braquiterapia a radiação tem origem em materiais radioativos encapsulados introduzidos dentro ou muito próximo do tumor. Conforme divulga o INCA, neste procedimento, os isótopos radioativos, entre outros, cobalto, céσιο e irídio são utilizados sob a forma de tubos, agulhas, fios, sementes ou placas (Figura 08) e geram radiações, comumente gama, de distintas energias dependendo do elemento radioativo empregado.



*Im
ag
em
livr
e*

Figura 08: Cápsulas para braquiterapia.

O procedimento de braquiterapia pode ser dividido em de baixa taxa de dose (LDR) e de alta taxa de dose (HDR). Na LDR, a semente radioativa é implantada temporariamente no interior do tumor, procedimento ambulatorial; enquanto que na HDR as fontes radioativas podem ser introduzidas definitivamente, nesta faz-se necessário do procedimento cirúrgico. O HCMT desenvolve a braquiterapia HDR com Irídio (^{192}Ir); as salas onde se realizam o procedimento são representadas na figura 09.

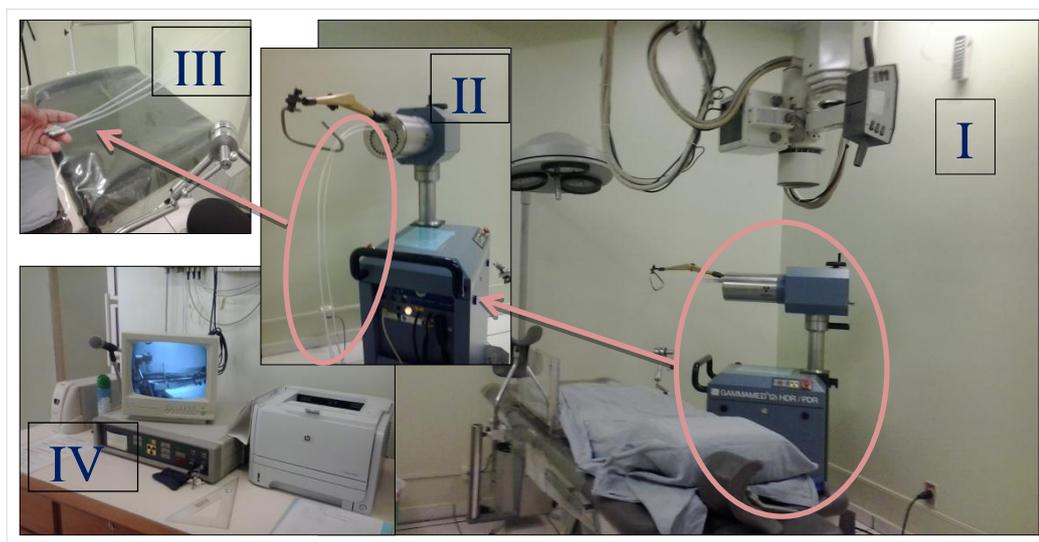


Figura 09: Salas da realização da braquiterapia

Nesta figura: **I** - sala onde se realiza o procedimento; **II** – equipamento (destacado em I) que contém o material radioativo; **III** – aplicadores (destacado em II), que só após sua aplicação no paciente e verificação radiológica de seu

posicionamento e cálculo das doses é que colocam as cargas radioativas e **IV** – sala de comando onde se realiza o monitoramento do paciente - que fica sozinho na sala durante o procedimento, e o ajuste do plano de tratamento por meio de programas computacionais.

Em toda aplicação de radiações ionizantes é importante o domínio das denominadas Grandezas de Radioatividade, dentre estas a Atividade e a Meia-vida, que são associadas às transformações que ocorrem em materiais radioativos.

O Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes – LNMRI disponibiliza recomendações e definições quanto ao uso dessas grandezas; segue abaixo as unidades,

Responsável, por designação do INMETRO, desde 1989, pela guarda e disseminação dos padrões nacionais das unidades SI de algumas grandezas às várias aplicações das radiações ionizantes.

símbolos e definições das grandezas Atividade e Meia-vida segundo o LNMRI.

GRANDEZA	UNIDADE	DEFINIÇÃO
Atividade (A)	Becquerel (Bq)	Quociente dN/dt , de uma quantidade de núcleos radioativos num estado de energia particular, onde dN é o valor esperado do número de transições nucleares espontâneas deste estado de energia no intervalo de tempo dt .
Meia-vida ($T_{1/2}$)	s, min, h, a	Intervalo de tempo necessário para que o número inicial de núcleos radioativos de uma amostra, em um determinado estado energético, se reduza à metade.

A meia-vida pode apresentar período curto e longo. Por exemplo, o Rádío 226 tem meia-vida de 1602 anos; Césio 137 de 30 anos; Irídio 192 de 74 dias e o Iodo 131 de 8 dias.

As aplicações radioativas originam o denominado rejeito radioativo¹², que traz grandes discussões sociais. Podem ser classificados quanto à atividade em rejeitos de baixa, média e alta atividade. De acordo com os requisitos de radioproteção e segurança para serviços de medicina nuclear da CNEN, antes da liberação as atividades iniciais remanescentes e as meias-vidas físicas dos radioisótopos devem de

Qualquer material resultante de atividades humanas que contenha radiação em quantidades superiores aos limites de isenção especificados na Norma de Licenciamento de Instalações Radioativas e para o qual a reutilização é

¹² CNEN – NN - 6.04 – Instalações radioativas (janeiro de 1989).

AULAS DIALÓGICAS

A atividade de campo complementada com aulas dialógicas em sala de aula possibilita momentos de discussão para análise e estudos do material “recolhido”, sem isso a AC transforma-se em excursão apenas. Essas aulas assim como a AC devem se fundamentar no planejamento com objetivos bem definidos, que acolham, por exemplo, orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais e concepções de teóricos que se dedicam ao entendimento do processo ensino-aprendizagem. De modo a atender algumas das questões levantadas sobre o ensino de física, como por exemplo, o que e para que ensinar, como o aluno aprende e como facilitar a aprendizagem daquilo que está sendo proposto.

Nas descrições que se seguem são referidas algumas das abordagens didático-pedagógicas vivenciadas nas aulas dialógicas, momentos valorizados por discussões mediadas pelo professor e pelas imagens registradas na AC.

Em concordância com as teorias que fundamentaram este trabalho, fez-se o levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos; dentre estes, foi observado que parte dos alunos apresentava um sentimento de medo a respeito dos fenômenos radioativos e que tratavam radiação como sinônimo de radioatividade. Na intervenção junto aos alunos procurou-se amenizar essas questões, visto que o medo pode estar ligado à falta de conhecimento desses assuntos; e também foi esclarecido que radiação é uma forma de transmissão de energia à distância que acontece por meio de pequenas partículas que se deslocam com grande velocidade, ou por ondas de natureza eletromagnéticas, como por exemplo, a luz e o infravermelho. Já o conceito de radioatividade está ligado diretamente ao núcleo do átomo, que ao final do processo de reação o núcleo sofre alteração; assim, a radioatividade é a transformação espontânea do núcleo atômico de um nuclídeo para outro.

Os tópicos de FN trabalhados tanto na AC assim como em sala de aula foram organizados nos seguintes módulos e seus respectivos conteúdos: *Módulo I - Contexto histórico da FN e conceitos básicos da radioatividade*: Modelos atômicos; O átomo e suas partículas; As contribuições de Wilhelm Conrad Roentgen (Alemanha, 1845-1923), Antoine Henri Becquerel (França, 1852-1908), Pierre (França, 1859-1906) e Marie Curie (Polônia, 1867-1934); Produção e

propriedade da radiação nuclear. *Módulo II – Princípios físicos e tecnológicos da radioterapia*: Aplicações de materiais radioativos na medicina; Rejeitos radioativos; Noções de tratamentos radioterápicos; Interações e/ou efeitos da radiação com/sobre o organismo.

Por meio do módulo I pretendeu distanciar-se da exposição de ideias prontas sem o embasamento teórico/histórico que o auxilie em sua legitimação perante a comunidade científica. Fez-se uso de multimídia – slides com utilização de imagens, entre outras, dos personagens que contribuíram ao desenvolvimento da FN e da radioatividade, com ilustrações de alguns dos experimentos que os ajudaram para tais feitos e os levaram aos modelos atômicos - da clássica à quântica; ao entendimento da estrutura no átomo e, em especial, do seu núcleo; às características e propriedades da radiação nuclear.

Assim, a descoberta da radioatividade foi estudada como o evento que marca o início do desenvolvimento da FN. Sendo que, no estudo da produção e propriedades das radiações se buscou nortear quanto ao entendimento de que os experimentos sugeriam que a radioatividade era o resultado da desintegração de núcleos atômicos instáveis.

Uma visão geral sobre as aplicações e implicações da FN foi debatida, entre estas os acidentes nucleares e radiológicos: Chernobyl (1986), Goiânia (1987) e Fukushima (2011). Levantou-se também a situação do Brasil na geração de energia por meio da central brasileira Almirante Álvaro Alberto (Angra1, Angra 2 e Angra 3). Foi discutido que segundo dados oficiais¹³ as usinas nucleares oferecem uma importante contribuição para a matriz elétrica brasileira. Além dessas aplicações, foi debatido que as radiações são utilizadas também em pesquisas científicas e na arqueologia.

Com o módulo II iniciado, abordou-se os efeitos da radiação ionizante no corpo humano, mais especificamente, a utilização médica da FN. As discussões decorreram auxiliadas pelas imagens registradas na AC, discutiu-se que dependendo do tipo de radiação e a energia a ela associada, temos diferentes aplicações e riscos, uma dessas aplicações é a radioterapia.

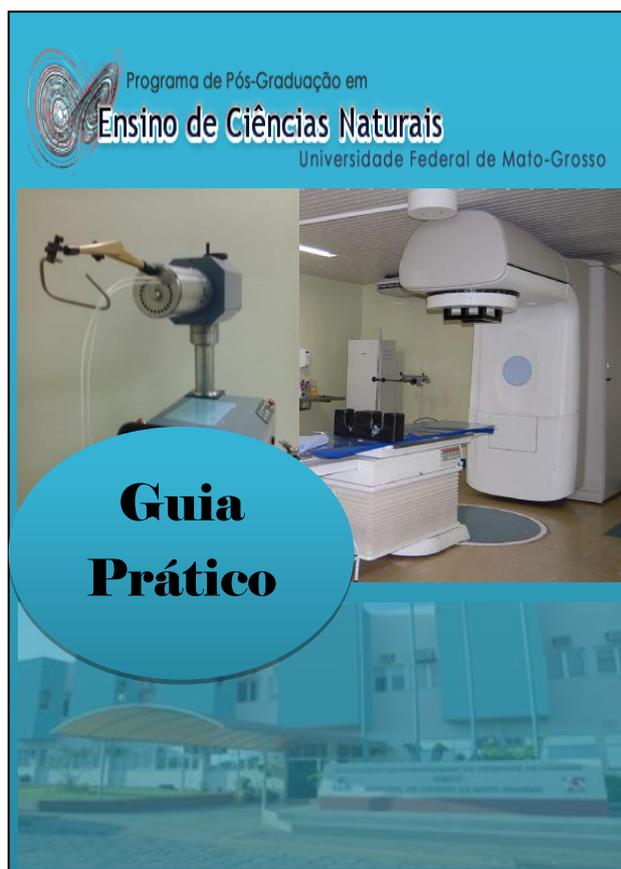
Como já mencionado, Apresentação, fez-se uso de AC como estratégia favorecedora da AS como atividade crítica de tópicos de FN, em uma abordagem

¹³ Disponível em: <http://www.eletronuclear.gov.br/AEmpresa.aspx>

CTS, contextualizada e interdisciplinar. Os dados recolhidos na experiência que abrange as atividades desenvolvidas indicam que teve indícios de aprendizagem com significados com extensão à reflexão para a cidadania, especificamente se observou que:

- A AC quando realizada anteriormente as aulas formais parece motivar os alunos para o estudo proposto;
- A atividade de campo não deve substituir as aulas em sala de sala; nesta, os conhecimentos científicos em estudo são fundamentados e sistematizados;
- O conteúdo programático trabalhado parece que corroborou com a perspectiva de relacionar os tópicos estudados com o contexto social; indicando ter relevância ao cotidiano;
- O professor como mediador tende a envolver os alunos a uma participação mais ativa na aprendizagem de conceitos físicos e até mesmo ao entendimento de que é o principal responsável ao ato de aprender;
- Pode-se ir além, é possível o compartilhar dos conhecimentos de FN vivenciados nas ações didáticas com a comunidade.

Para a realização da aula de campo foi necessário, em síntese:



- ✓ Verificar se é possível a realização da AC com o responsável da instituição escolar e do departamento de radioterapia.
- ✓ Elaborar um cronograma de todas as etapas, desde a escola até a aula em campo.
- ✓ Solicitar junto ao responsável escolar: transporte e as autorizações dos pais ou responsáveis pelos alunos.
- ✓ Com o plano de aula pronto, ir ao local da atividade de campo para conhecer e construir os vínculos com os fenômenos/conceitos/eventos selecionados para estudo; Acertando regras internas, tempo estimado em cada ambiente, data, horário e quantidade de alunos.
- ✓ Informar aos alunos àqueles que estão autorizadas a irem à AC; combinar horário de saída da escola, tempo previsto em campo e provável horário de retorno; sensibilizá-los da responsabilidade que a ação exige e repassar todas as normativas da escola e do hospital.

BOA AULA PROFESSOR!

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais**. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC / SEF, 1998. 138 p.

_____. **Orientações Curriculares para o ensino médio: Ciências da Natureza, matemática e suas tecnologias**. Secretaria de Educação Básica. Brasília, 2002. 200p.

CENTRO DE ONCOLOGIA E RADIOTERAPIA. Sobre o câncer: Tecnologia, Conceito de radioterapia, Tratamentos, Procedimentos e Especialistas. Cuiabá, MT. Disponível em: < <http://www.centronrad.com.br/>>. Acesso em: 10 de ago. 2011.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NÚCLEAR. Ensino. Radiações Ionizantes. Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <http://www.cnen.gov.br/ensino/apostilas/rad_ion.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2011.

_____. Ensino. Radioatividade. Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <http://www.cnen.gov.br/ensino/apostilas/rad_ion.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER. O que é câncer. Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: < <http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/cancer/site/oquee>>. Acesso em: 10 ago. 2011.

_____. Estatística do câncer. Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <<http://www.inca.gov.br/estimativa/2012/>>. Acesso em: 10 de ago. de 2011.

_____. Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Radioterapia. Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/seguranca/normas/mostra-norma.asp?op=306>>. Acesso em: 10 ago. 2011.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa Crítica**. Porto Alegre, 2005. 24p. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2011.

_____. **Pesquisa básica em educação em ciências: uma visão pessoal**. Porto Alegre, 2004. <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Pesquisa.pdf>

PERRENOUD, P. **Construir as competências desde a escola**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1999. 90p.

SANTOS, W. L et al. Química e Sociedade: Volume Único. 1ª ed. São Paulo: Nova Geração, 2005. 742p.

SCAFF, L. A. M. **A Física da Radioterapia**. São Paulo: Savier, 1997. 351p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. Princípios básicos de segurança e proteção radiológica. Disponível em: <http://www6.ufrgs.br/spr/SegurancaProtRad.pdf>. Acesso em 10/08/2011.