

AVALIAÇÃO PERLIMINAR SOBRE O CONCEITO DE RADIAÇÃO E ALGUMAS DE SUAS TECNOLOGIAS: IDÉIAS INFORMAIS DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO

PRELIMINAR EVALUATION ABOUT CONCEPT RADIATION AND ITS TECHNOLOGIES: INFORMAL IDEAS OF HIGH SCHOOL STUDENTS

**Patrícia Barragán¹
Eduardo F Mortimer², Alexandre Leal¹**

¹CNEN/Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear/Pós-graduação, patmbf@yahoo.com.br

²Universidade Federal de Minas Gerais /Faculdade de Educação, mortimer@ufmg.br

¹CNEN/Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, asleal@cdtn.br

RESUMO

O conceito de radiação e suas tecnologias geram reações de medo e ansiedade na comunidade pois costuma-se relacionar esses temas aos seus efeitos negativos como os acidentes, as bombas atômicas e o câncer. Contudo, os avanços tecnológicos e as discussões envolvendo a utilização das radiações têm se tornado cada vez mais atuais e, como o ensino de ciências não acompanha esse movimento, o conceito de radiação permanece suportado apenas pelo senso comum.

Esse trabalho se propõe a apresentar os resultados da avaliação piloto das idéias informais de estudantes de primeiro ano do ensino médio sobre as radiações e suas tecnologias, buscando traçar as tendências gerais de pensamento desse público. Os temas abordados foram: energia nuclear, telefonia móvel, alimentos irradiados e radiação natural. Os resultados evidenciam que a energia nuclear tem tido melhor aceitação devido às recentes discussões sobre aquecimento global, mas ainda permanecem preconceitos quanto às tecnologias da radiação.

Palavras-chave: Radiação, idéias informais, ciência e tecnologia.

ABSTRACT

Radiation concept and its technologies generate public fear and anxiety because they are usually only associated with their negative effects as nuclear accidents, atomic bombs and cancer. However, technological advances and discussions involving the use of radiation have become even more relevant than before and, as science teaching has not followed this movement, the radiation concept is still mainly supported by common sense.

This paper presents a preliminary evaluation of informal ideas of high school students (age 15-16) about radiation and some of its technologies, searching for the general tendencies of these ideas. The informal ideas were investigated in the following themes contexts: nuclear energy, mobile telephony, irradiated food and natural radiation. Results show that nuclear energy has been better evaluated and even accepted due the recent discussion on global warming, but the technologies of radiation are still subject of prejudice.

Keywords: Radiation, informal ideas, science and technology.

I - INTRODUÇÃO

Temas referentes à radiação e suas tecnologias são sempre assuntos polêmicos para a população de um modo geral. Já é conhecido que tanto a ansiedade quanto a insegurança do público estão diretamente ligadas à visão negativa do conceito de “radiação”(Kelecom, 2002;

Ornellas, 2006; Mergikos 1999; WHO 1998), que carrega o sentido de “perigo”. Essa conotação ainda foi reforçada pelos acidentes de Chernobyl e Goiânia, no caso do Brasil e, permanece em grande parte da população, mesmo com o avanço tecnológico das últimas décadas que têm se caracterizado pelo uso massivo das tecnologias das radiações e elementos radioativos (Mergikos 1999; Robilotta 2006; Costa, Oliveira & Bressan 2001). A ansiedade, o medo e às vezes a recusa da utilização explícita da radiação, torna extremamente difícil a difusão de algumas tecnologias modernas, como pode ser percebido nas inúmeras discussões sobre as antenas de celular, alimentos irradiados, energia nuclear e outros. Esse tipo de mentalidade pode configurar-se como uma barreira à utilização dos benefícios do desenvolvimento científico e tecnológico na área (Ornellas, 2006).

Entende-se que as pessoas possuam informações pouco articuladas sobre o assunto, principalmente pelo fato de a educação fundamental e média não abordar, ou abordar de forma superficial, os conhecimentos básicos sobre esses temas. Isso pode ser percebido analisando-se os exames de vestibular de grandes faculdades do Brasil, que não apresentam com frequência questões tratando desses assuntos em física e química (PUC-MG, UFMG). Observou-se que nos últimos quinze anos de vestibular da UFMG a prova de física apresentou 2% de suas questões relacionadas ao espectro eletromagnético e nenhuma sobre o tema nuclear (Leal, Faêda, Weiller & Domingos 2006).

De acordo com a ABEN (Associação Brasileira de Energia Nuclear), em um dossiê elaborado em 1997, a maior parte dos livros didáticos adotados nas instituições nacionais de ensino não tratavam a energia nuclear e a radioatividade com isenção e objetividade, nem apresentavam aplicações das radiações em benefício da humanidade (IPEN, 2003). Com isso, gera-se dificuldade de engajamento amplo de grande parte da comunidade brasileira nas discussões estabelecidas em níveis mundiais. Como exemplo, a energia nuclear como alternativa ao esgotamento dos combustíveis fósseis, a tecnologia de irradiação de alimentos para maior conservação dos mesmos sem a utilização de contaminantes químicos, o crescimento da telefonia celular e a instalação de suas antenas (Ahlbom, Grenn, Kheifets, Savitz & Swerdlow 2004; WHO 2006; Cardoso e colaboradores, CNEN; Matthes, Rosenkranz & Bermann).

Uma das soluções para maior conscientização e conhecimento da população é justamente a inserção de discussões sobre esses temas na educação básica (ensinos fundamental e médio), pois considera-se que essa educação formal seria o principal meio de propagação do conhecimento científico e das tecnologias (Pereira & Souza, 2006; Kelekon & Gouvea, 2002). Nesse sentido, várias propostas têm sido feitas com o objetivo de informar melhor as pessoas sobre a área nuclear frente e, também, introduzir a familiaridade com as tecnologias e aplicações da radiação, bem como investigações do conceito que as pessoas têm a respeito da radiação (Ferreira, Hosoume; Costa & Costa 2002; Henriksen & Jorde 2001; Soares 2006).

Entendemos que a produção de materiais didáticos e o planejamento de seqüências para o ensino do tema radiações é um importante passo na superação da situação descrita. Mas para confeccionar esses materiais não basta ter acesso à informação científica confiável e tentar adaptá-la no nível de compreensão do público, é fundamental investigar o que as pessoas pensam sobre o tema. Isso é consequência de trabalhar-se com a hipótese de que toda a compreensão de novos significados é dialógica (Voloshinov, 1929/1973), pois compreender o enunciado de outrem envolve mobilizar contra-palavras em resposta ao que se escuta ou lê. Essas contra-palavras mobilizam o que as pessoas já conhecem sobre o tema, mesmo que de um ponto de vista diferente do ponto de vista da ciência. Daí a essência do compreender como dialogar (autor 2 e colega, 2003; Scott, Mortimer & Aguiar Junior, 2006). Portanto, para interferir sobre esse diálogo nos processos de ensino e aprendizagem é necessário conhecer as idéias informais das pessoas sobre o tema, pois, a partir delas, pode-se construir um material que seja dialógico, isto é, que estabeleça um diálogo com o leitor, respondendo previamente às suas questões, pontos de vista diferentes, explorando mais aqueles de difícil compreensão.

Considerando as idéias expostas anteriormente, para elaborar esse diálogo nos processos de ensino e aprendizagem é necessário conhecer as idéias informais do interlocutor sobre o tema, pois, a partir delas, pode-se construir um material que seja dialógico. Um material com essas características tem condições de estabelecer um diálogo com o leitor, partindo de suas idéias iniciais. Isso quer dizer que, quando aplicado, o material responderia previamente às questões do público alvo, ou mesmo adiantaria discussões sobre seus diferentes pontos de vista, e exploraria aqueles de nível de compreensão mais complexa.

Esse trabalho apresenta os resultados da avaliação piloto das idéias informais de estudantes de primeiro ano do ensino médio sobre as radiações e suas tecnologias, buscando identificá-las como um conjunto coerente. O tema radiação, nesta pesquisa, foi abordado nos seguintes contextos relacionados ao uso da radiação: energia nuclear, telefonia móvel, alimentos irradiados e radiação natural.

II – JUSTIFICATIVA E REFERENCIAL TEÓRICO

Para que a aprendizagem ocorra, é necessário que o indivíduo construa o conhecimento sobre sua base de conceitos fundamentais. Essa base contém as idéias informais e é a referência primária que se utiliza para interpretar a realidade presente. Com isso, à medida que o conhecimento individual evolui, os padrões de avaliação também se alargam, porém sempre remetidos aos conceitos fundamentais. Assim, para a compreensão do processo de aprendizagem e o sentido que os saberes adquirem, é necessário conhecer aquela base primária.

As idéias informais são aquelas que as pessoas foram acumulando e dando sentido durante seu percurso de vida. Então, não são apenas visões subjetivas do mundo, mas refletem uma visão comum, compartilhada, que constitui o 'senso comum'. O 'senso comum' pode ser entendido como uma forma socialmente construída de descrever e explicar o mundo. Em relação às experiências cotidianas, as idéias informais são, na maioria das vezes, adequadas para interpretar e orientar as ações do público. Esse é um fator que dificulta o entendimento efetivo do conhecimento científico (Driver, Asoko, Leach, Mortimer & Scott, 1999). Assim, conhecendo-se as idéias informais, é possível traçar estratégias para responder às questões de maior dificuldade de entendimento ou aceitação.

O estudo das idéias informais ou das concepções dos estudantes é uma área que teve seu auge nos anos 80 e gerou toda uma tendência de pedagogia construtivista e propostas de ensino para a mudança conceitual. A partir da década de 70 começou a aparecer, na literatura, um grande número de estudos preocupados, especificamente, com os conteúdos das idéias dos estudantes em relação aos diversos conceitos científicos aprendidos na escola. Essas pesquisas surgiram como um desdobramento crítico àquelas realizadas por Piaget e colaboradores, fruto de uma preocupação específica com o ensino dessas noções, presentes nesses trabalhos e ausentes nos de Piaget. Driver & Easley (1978), num artigo considerado como um marco desse movimento, criticavam a excessiva ênfase ao desenvolvimento de estruturas lógicas subjacentes, o que teria levado Piaget a não dar importância à rica variedade de idéias apresentadas pelas crianças. Isso levava os autores a sugerirem que "poderia ser útil a realização de uma série de replicações dos estudos que focalizassem mais o conteúdo atual das idéias dos alunos e menos as estruturas lógicas subjacentes" (Driver & Easley, 1978, p. 12).

Os estudos realizados sob essa perspectiva revelaram que as idéias alternativas de crianças e adolescentes são pessoais, fortemente influenciadas pelo contexto do problema e bastante estáveis e resistentes à mudança, de modo que é possível encontrá-las mesmo entre estudantes universitários (Viennot, 1979). Realizadas em diferentes partes do mundo, as pesquisas mostraram o mesmo padrão de idéias em relação a cada conceito investigado. Esse programa de pesquisa, rotulado como ACM (*alternative concepts movement*) (Gilbert & Swift,

1985), contribui para fortalecer uma visão construtivista de ensino-aprendizagem que até muito recentemente parecia dominar a área de Educação em Ciências e Matemática (Matthews, 1992).

No caso das radiações e suas tecnologias, ainda não há vastidão de estudos relatados na literatura, com o foco das idéias informais, mas voltados às noções de risco e saúde (WHO 1998; Mergikos 1999; Cardoso e colaboradores, CNEN; Matthes, Rosenkranz & Bermann; Ferreira, Hosoume; Costa & Costa 2002; Henriksen & Jorde 2001; Kelecom, 2002; Ahlbom, Grenn, Kheifets, Savitz & Swerdlow 2004; WHO 2006; Ornellas, 2006; Soares 2006). Isso se deve principalmente ao fato de que os conceitos básicos que orientavam os currículos de ciência, como força, calor, reação química, etc. é que foram priorizados nas pesquisa no contexto do programa de pesquisa sobre concepções alternativas.

A proposta deste estudo é começar a conhecer as idéias informais dos estudantes sobre as radiações e suas tecnologias, de modo a traçar as tendências gerais de pensamento desse público. Foram escolhidos os estudantes de ensino médio por representarem uma parcela da comunidade que teve acesso a informações básicas e deveria estar apta a lidar com as questões relacionadas ao tema. Com isso, investigou-se de maneira ainda preliminar a forma como as pessoas entendem o conceito de radiação e como lidam com a presença de algumas de suas tecnologias no cotidiano. Esse tipo de estudo apresenta-se como uma resposta à necessidade de promover a educação e orientação das pessoas quanto a assuntos que podem gerar polêmica, desconforto, insegurança e, algumas vezes, até pânico. Todos esses aspectos negativos implicam em uma resistência à implementação de novas tecnologias nucleares.

Dentro desse contexto, foi avaliada a forma como são pensadas questões do dia-a-dia relacionadas ao tema das radiações: (1) energia nuclear; (2) telefonia móvel e a relação do público com as antenas de celular; (3) alimentos irradiados e (4) a radiação natural, sendo que esse último foi inserido como forma de as pessoas perceberem que lidam com algum tipo de radiação todos os dias. Assim, esse é um tema que lida com a interdisciplinariedade principalmente entre as áreas de química, física e saúde, intimamente ligadas ao assunto das radiações e seu impacto sobre o público.

III – METODOLOGIA

Nosso grupo de pesquisa tem trabalhado com o estudo de concepções relacionadas aos conceitos centrais da ciência, no marco das três ontodefinições básicas das ciências: matéria (autor 2, 2000), energia (autor 2 e colega, 2006) e vida (autor 2 e colegas). No nosso trabalho as concepções são estudadas como constituintes de um rede polissêmica de significados expressa num perfil conceitual (autor 2, 1995, 1996) e cada zona do perfil é considerada adequada e válida em contextos específicos, apesar de haver um hierarquia entre as zonas ligadas à complexidade, ordem genética de aparecimento das zonas e possibilidade de uma zona explicar a precedente. Nos nossos estudos temos privilegiado o uso de situações-problema. A utilização de situações-problema tem inspiração no trabalho de Scribner (1984) e no uso dessa metodologia por Correa (1997). Situações-problema são estruturas narrativas com lacunas que impõem certas mobilizações cognitivas para o entrevistado. Comumente, a elaboração de situações-problema parte de um contato mais íntimo com a prática diária dos entrevistados, emergindo de um trabalho de etnografia (Scribner, 1984). Utilizamos, no entanto, outra estratégia. As situações-problema foram elaboradas a partir de questões acerca da definição de vida levantados ao longo do estudo epistemológico e histórico que realizamos. As entrevistas foram gravadas em áudio e transcritas para análise.

O estudo preliminar foi realizado a partir da elaboração de um questionário composto por questões-problema, nas quais o aluno teve que responder expressando suas opiniões pessoais frente às situações propostas. O primeiro universo de estudo constituiu-se de alunos voluntários de três turma de primeiro ano do ensino médio de um colégio de Belo Horizonte. O questionário

aborda cinco sub-temas dentro das radiações, são eles: o conceito de radiação, alimentos irradiados, telefonia móvel, energia nuclear e radiação natural. As questões serão apresentadas na seção seguinte, dos resultados, à medida que foram sendo analisadas as respostas dos alunos.

IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os padrões de respostas obtidos na avaliação preliminar do questionário são apresentados em seguida, juntamente com a questão a que se referem. Foram transcritas algumas das falas dos estudantes, contudo as identidades foram preservadas de modo que são citados como *Aluno 1*, *2* e assim por diante. Essa numeração não corresponde aos nomes dos estudantes, mas foram formadas na ordem em que cada transcrição aparece para cada questão.

1 - *Quais são os temas / assuntos que você relaciona à RADIAÇÃO?*

Os temas citados pelos alunos foram energia nuclear e combustível alternativo, bomba atômica e algum sentimento relacionado ao risco de contato com a radiação, câncer e relações com conseqüências prejudiciais ao homem, lixo radioativo, produtos radioativos e/ou ondas. O conjunto de temas envolvido foi, de certa forma, bem abrangente, pois se espera que o maior relacionamento seja feito com os aspectos negativos da radiação, mas pode-se perceber que a energia nuclear e o combustível alternativo apresentam-se como resultados das atuais discussões sobre mudanças climáticas e aquecimento global.

Tabela 1 : Porcentagem de ocorrência dos temas referentes à radiação

Tema	Porcentagem(%)
Nada / não sabe	13,6
Energia Nuclear	22,7
Bomba atômica	4,5
Sentimento de risco com a radiação	4,5
Câncer / conseqüências prejudiciais	13,6
Combustível alternativo	4,5
Lixo radioativo	9,0
Produtos radioativos e /ou ondas	18,2
Ondas Eletromagnéticas	9,0

Os temas mais recorrentes foram energia nuclear e produtos radioativos, com 22,7% e 18,2% respectivamente. Também fica evidente a dificuldade de lidar com a idéia de radiação, pois a porcentagem de alunos que não soube especificar nada foi de 13,6%.

2 - (a) *Como você define RADIAÇÃO?*

Em geral, radiação foi relacionada a partículas ou ondas e ao fato de serem formas de transporte de energia. Descreveram também características dessas ondas: podem causar modificações nos corpos com os quais interagem e a incandescência. Apenas 18,7% dos alunos referiu-se somente a ondas eletromagnéticas como radiação e, a maior parte, 42,3% descreveu como ondas ou partículas e relacionou essas ao transporte de energia, como pode ser percebido na seguinte frase:

“Radiação é a liberação de energia através de ondas ou partículas”. (Aluno 1)

20% dos estudantes não soube definir o conceito e o restante referiu-se de maneira inespecífica como:

“... são ondas que deixam o material radioativo incandescente.” (Aluno 2)

3 - (b) *Você apresentou alguma dificuldade na definição desse conceito? Se sim, qual(is)?*

Apenas 6,2% não apresentaram resposta. 18,8% afirmaram não ter tido dificuldades em definir radiação e, do contrário, 75% tiveram dificuldades na expressão do conceito, sendo que destes, cerca de 80% afirmaram que isso deveu-se ao desconhecimento do que seria exatamente a radiação. Evidenciando insegurança quanto ao tema e sua abrangência.

4 - *Você sabe o que é o ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO? Sabe dizer o que é isso?*

Metade dos estudantes afirmou não saber o que é o espectro eletromagnético, enquanto os demais tentaram descrever, sendo que 12,5% das respostas aproximaram-se satisfatoriamente da definição aceita e outros 12,5% demonstraram algum conhecimento a respeito do tema. Contudo, outras 25% distanciaram-se de definições razoáveis.

As citações a seguir são exemplos do que não é razoável (aluno 1) e uma boa descrição (aluno 2)

“...é quando uma onda elétrica encontra com uma magnética.” (Aluno 1)

“... é uma escala organizada das radiações eletromagnéticas de acordo com o comprimento de onda ou a frequência”. (Aluno 2)

5 - *ALIMENTOS IRRADIADOS são alimentos submetidos à radiação com o objetivo de reduzir a quantidade de microrganismos (como fungos e bactérias), presentes naturalmente, sem a necessidade de aditivos químicos. Esse processo também aumenta o período de validade dos produtos, pois retarda o amadurecimento. A irradiação de alimentos não altera o gosto deles nem suas propriedades. A OMS (Organização Mundial da Saúde) confirma que esses produtos não oferecem riscos à saúde e não contém níveis de radiação acima do normal. Todos os alimentos irradiados devem, obrigatoriamente, apresentar essa informação no rótulo. Você consumiria um alimento irradiado? JUSTIFIQUE.*

Apenas 5,6% dos estudantes declarou que não comeria alimentos irradiados, deixando claro que essa postura deve-se à associação da radiação com sentimentos de risco ou perigosos.

“Seria meio estranho porque na maioria das vezes associamos radiação a algo ruim, perigoso”. (Aluno 1)

A maioria, 44,4%, afirma que consumiria porque, a partir do enunciado, entende que os alimentos apresentam baixo nível de radioatividade, o que consideram como baixo risco à saúde. Outros 16,7% afirmam que a aceitação é devida ao fato de que a OMS reconhece o processo.

“Sim, pois no texto cita que o alimento não apresenta índice radioativo acima do normal, além de ser confirmado não apresentar riscos à saúde”. (Aluno 2)

“Sim, pois a OMS (um órgão respeitado) diz que não há problema, não haveria motivo para não consumir”. (Aluno 3)

É perceptível que nesse ponto do questionário os alunos começam a apresentar confusão entre os conceitos de radiação e radioatividade. Na fala do aluno 2, ele retoma o que foi dito pela OMS de não haver índice de radiação acima do normal, contudo, substitui a palavra “radiação” por “radioativo”, o que evidencia o fato de que, para ele, o material que foi irradiado passa a ser radioativo.

11% dos alunos afirmaram que consumiriam, porém com baixa frequência, pois ainda temem a ocorrência de problemas futuros devido a esses produtos, o que novamente evidencia que os alunos entendem a irradiação de alimentos como um processo que torna os produtos radioativos e, mesmo tendo as informações disponíveis no enunciado permanecem inseguros quanto ao processo e suas possíveis consequências.

22,3% consumiriam por motivos diversos, ou mesmo afirmaram que seria feito mediante maiores informações sobre o tratamento dos alimentos, por exemplo, se a radiação de que se trata não se acumularia no corpo.

6- *Considerando que o Brasil desperdiça milhões de toneladas de alimento em um ano, porque eles apodrecem, ou foram contaminados por microrganismos ou agentes químicos, **IMAGINE** a seguinte situação: “Foi proposto ao governo que utilizasse em grande escala a tecnologia de IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS com o objetivo de diminuir essas perdas e aumentar as possibilidades de exportação, levando a um maior aproveitamento da*

produção brasileira. **Imagine** que esse projeto esteja em votação, que você é um membro do governo e que o SEU voto será definitivo. Como você votaria? **JUSTIFIQUE**”.

25% dos estudantes votariam “não” afirmando que o consumo excessivo, ou mesmo sem mais estudos, pode trazer danos futuros.

Algumas falas podem ser compreendidas como sendo receosas frente às possíveis conseqüências de se adotar uma tecnologia que, explicitamente, carrega o nome da radiação e a associação com fatos trágicos, pois relata o medo de que seja gerada uma situação incontrolável descrita na frase como “epidemia”.

56,2% votariam “sim” para o projeto, justificando pelo fato de ser uma boa solução, pois haveria diminuição do desperdício dos alimentos, aumento e, também, por a técnica não oferecer riscos à saúde. Alguns consideraram melhoria de preços e outros manifestaram o desejo de maiores informações sobre a técnica ser inofensiva aos seres humanos.

7- O Japão é um dos países que utiliza a tecnologia de IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS há vários anos e, para determinados tipos de alimentos, ele só aceita importar aqueles que são comprovadamente irradiados. Na sua opinião, o Brasil deve adotar a mesma postura? **JUSTIFIQUE**.

12,5% não apresentou opinião sobre a questão, enquanto 31,2% afirmaram ser contra repetir a política do Japão, sendo que vários preocuparam-se com a capacidade do país de bancar e garantir a o fato de os alimentos serem sempre seguros.

“Acho que o Brasil não tem um governo sério e que seja dado o investimento necessário para que os alimentos estejam sempre saudáveis”. (Aluno 1)

Muitos não consideraram a política interessante e outros acham que a população não está preparada para lidar com essa tecnologia. Contudo, 31,2% dos que responderam a favor vêem esse processo como uma possibilidade de melhoria das condições atuais, como redução do desperdício e aumento das exportações.

“Como é um método seguro sim, pois evitará o desperdício de alimentos e prejuízos”. (Aluno 2)

8 - As antenas de transmissão de celular emitem o sinal através de um tipo de RADIAÇÃO de RADIOFREQUÊNCIA, similares às ondas de rádio. Suponha que uma empresa de telefonia celular fizesse a proposta de instalar uma antena de transmissão sobre sua casa/prédio, pagando por isso R\$ 1.000,00 (mil reais) por mês. Você aceitaria? **JUSTIFIQUE**.

Somente 37,5% dos alunos aceitaria a antena, sendo que muitas de suas falas reconhecem que pode não haver problemas, mas pediriam comprovações de que o processo seria seguro à saúde e não ocorreriam interferências na televisão, rádio e internet. Destes, alguns assumem que essa frequência não traz danos à saúde.

Três considerações foram as mais recorrentes dentre os que não aceitariam: I - essa radiação é prejudicial à saúde; II - não há garantia de que não serão gerados problemas futuros e III - atrapalharia o sinal de serviços à cabo e rádio, tendo cada uma das três 12,5% de ocorrência.

O restante apresentou preocupações diversas e também com a possibilidade de ocorrência de câncer.

“Eu não aceitaria uma vez que o uso excessivo de celular causa câncer e ter esse causador em cima de minha casa não seria muito agradável”. (Aluno)

A porcentagem daqueles que permitiriam a antena é muito pequena, considerando a população que é usuária da tecnologia de telefonia móvel. Há o desejo pela tecnologia, mas grande parte ainda desconfia da segurança da mesma e não pretende comprometer-se em carregar um possível “gerador de câncer” sobre suas cabeças.

9 - Algumas organizações internacionais recomendam que as crianças não devem utilizar aparelhos de celular por causa da exposição à radiação eletromagnética que é, justamente, a forma de transmissão do sinal. A justificativa para essa postura é que as crianças estão ainda com o cérebro em amadurecimento e, como não existem estudos

que comprovam efeitos nocivos da radiação sobre os usuários de aparelhos celular, assim, a idéia é prevenir possíveis danos. Se você tivesse que decidir se seu filho deve ou não usar o celular, qual seria sua decisão?

Somente 18,75% respondeu que permitiria o uso de celular por seu filho, afirmando que não há comprovação de que essa radiação seria prejudicial, ou mesmo considerando que a baixa exposição a que ele estaria sujeito não trará problemas.

25% não permitiria o celular pelo fato do uso excessivo desse aparelho causar câncer. Esse pensamento reflete mais uma vez o pressuposto de que toda radiação é causadora de câncer e o desconhecimento dos efeitos das diferentes formas de radiação.

Três opiniões tiveram ocorrência de 18,75% cada: I – não há estudos que comprovam que não faz mal; II – crianças não necessitam de celular e III – além de não precisarem, essa radiação pode ser prejudicial. As justificativas I e III consideram que, mesmo não havendo comprovações, as radiações são de alguma forma geradoras de danos.

10 - O gráfico abaixo relaciona a DENSIDADE DE POTÊNCIA de um campo de radiação à distância de uma pessoa à base da antena de transmissão do sinal. Essa grandeza está relacionada à energia eletromagnética a que um indivíduo está exposto, assim, quanto maior for a densidade de potência, maior será a exposição à radiação eletromagnética. O que você pode dizer a respeito das pessoas que moram próximas à base da antena (até cerca de 25 metros de distância) em relação às que estão mais afastadas?

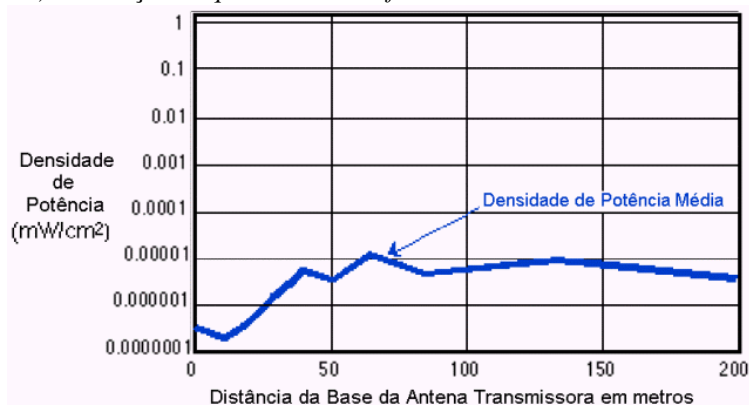


Figura 1: Gráfico da densidade de potência do campo eletromagnético em função da distância da base da antena.

Respondendo a essa questão 62,5% afirmou corretamente que as pessoas próximas à antena estão sujeitas a uma baixa densidade de potência e, com isso, relacionam a uma menor exposição ao risco dessa radiação. Mostraram-se também surpresas, pois esperavam que uma maior proximidade implicaria em uma maior exposição, como pode ser notado no trecho a seguir:

“... a densidade é menor que a das pessoas que estão afastadas, o que pra mim é surpreendente”. (Aluno 1)

12,5% afirmaram que não haverá muito efeito próximo à antena, mas não relacionaram o fato a nenhuma questão de saúde. Contudo, 18,75% fez a análise inversa da questão:

“Estas pessoas estão sendo expostas a alta taxa de radiação e pode comprometer sua saúde”. (Aluno 2)

Pode-se entender que esses alunos não prestaram atenção nos dados do gráfico, fazendo uma análise ponderada por seus preconceitos e senso comum de que a maior proximidade às antenas é sinônimo de alta exposição à radiação.

11 - “Patrick Moore, um dos fundadores do Greenpeace, é hoje um dos principais defensores da ENERGIA NUCLEAR.” (Folha de S.Paulo, no Rio - JANAINA LAGE – 27/03/2007). Considere um pequeno trecho dessa entrevista:

“FOLHA - O que o fez mudar de idéia em relação à energia nuclear?”

PATRICK MOORE - Cometemos um erro nos anos 70. Estávamos focados em armas e em guerras nucleares, preocupados com a possibilidade de a civilização e o ambiente serem destruídos pelo holocausto nuclear. Vejo que cometemos um erro ao incluir a energia nuclear como parte disso. Falhamos em distinguir o uso pacífico da tecnologia do destrutivo.

Além disso, a preocupação com as mudanças climáticas criou uma situação muito diferente no mundo. Agora queremos reduzir o consumo de combustíveis fósseis, não só pelas mudanças climáticas como pela poluição do ar.

Outro argumento é que uma parcela significativa dos combustíveis fósseis é proveniente de áreas de instabilidade política e até potencialmente hostis.

A única forma de reduzir o consumo de combustíveis fósseis de maneira significativa é fazer isso com um programa agressivo de energias renováveis combinado à energia nuclear.“

*Considerando que o Greenpeace já liderou muitos movimentos contra a energia nuclear e, até hoje possui adeptos à essa idéia, se você pertencesse ao Greenpeace, estaria do mesmo lado que Patrick Moore? **JUSTIFIQUE.***

Apenas 18,75% dos alunos não estaria do lado de Patrick Moore, pois consideram que existem outras forma de se obter energia para substituir os combustíveis fósseis, que não sejam tão arriscadas, consideram que as usinas podem prejudicar o ambiente em volta e que o lixo atômico precisa de tratamento especializado.

56,25% dos favoráveis consideram que o principal motivo dessa opinião é justamente a redução de combustíveis fósseis, da poluição do ar e das mudanças climáticas. Com, isso, percebe-se que as massivas discussões atuais sobre esses assuntos têm recolocado a energia nuclear novamente em consideração, já com um outro enfoque, não mais o da ameaça de bombas atômicas, mas o de um recurso à reversão do colapso climático para o qual o planeta está caminhando. Os demais afirmam que a boa utilização da energia nuclear não causa danos ao ambiente e alguns salientaram a eficiência do processo e o fato de esse gerar pouco resíduo.

12 - A ENERGIA NUCLEAR é considerada uma energia bastante limpa, porque não libera poluentes para a atmosfera e o único resíduo que gera é o lixo atômico, que devidamente acondicionado não representa um risco para os seres humanos e para o ambiente.

*Você acha que ela deveria ser implementada no lugar da queima de combustíveis fósseis que liberam uma enorme quantidade de dióxido de carbono (que contribui para o aumento do efeito estufa) e outros poluentes? **JUSTIFIQUE.***

A maior parte dos estudantes, 75%, mostrou-se favorável à implementação da energia nuclear. Aqueles que apresentaram-se efetivamente contrários à essa idéia (12,5%), afirmam que existem soluções menos arriscadas e que não causam danos ao ambiente. Outros 12,5% consideram interessante não depender de um tipo nem de outro de energia.

A justificativa para a concordância mais recorrente (43,75%) foi a possibilidade de reduzir o aquecimento global e a poluição atmosférica, confirmando o fato de que esse é um assunto atualmente presente na mídia e discussões científicas e, tem proporcionado maior aceitação da energia nuclear.

18,75% preocuparam-se com a questão do lixo nuclear, deixando claro que esse deve ser um processo bem programado para que não haja problemas futuros de acondicionamento desses materiais. Foram citadas algumas vantagens como a possibilidade de acondicionamento do lixo, que não acontece com os poluentes da atmosfera.

*13 - Se o governo convocasse a sua cidade para saber a opinião dos moradores a respeito da implantação de uma Usina Nuclear na cidade, qual seria sua opinião? Deixe explícitos os seus **ARGUMENTOS.***

Essa questão evidenciou claramente que, apesar de muitos serem favoráveis à energia nuclear, eles não desejam que um usina seja instalada em suas cidades, pois 62,5% não aprovaram essa instalação, sendo que desses, 43,75% mostraram-se temerosos quanto à

possibilidade da ocorrência de algum acidente. Diferentemente, a maior parte daqueles que responderam positivamente, considera que se bem dirigida, a usina não oferece riscos.

A questão 14 pedia para que os alunos concordassem ou não com as afirmativas que se seguiriam sobre radiação natural e expusessem suas opiniões.

(a) A luz que recebemos do sol é uma forma de radiação, chamada de RADIAÇÃO SOLAR. Sabe-se que ela pode provocar efeitos nocivos à nossa pele. Tanto isso é verdade que existe o protetor solar, cuja função é nos proteger de tais efeitos. Logo, pode-se dizer que a RADIAÇÃO SOLAR é potencialmente prejudicial aos seres humanos.

68,75% não concorda com a afirmação, dizendo que a luz do sol é essencial e que o problema é o excesso de exposição. Os demais concordam citando as campanhas contra o câncer de pele e a existência do protetor solar. A radiação não foi citada em si, mas a luz solar como se fosse diferente das radiações tratadas até o momento.

(b) O corpo humano pode ser considerado radioativo por natureza, e uma das evidências é o fato de que emitimos RADIAÇÃO INFRAVERMELHA, também chamada de “calor”.

56,25% dos estudantes não concorda pelo fato de não considerar calor como radiação e também não reconhecem que o ser humano pode emitir radiação. Os que concordaram comprovaram a afirmativa dizendo que trocamos calor com outros corpos e que essa radiação não é prejudicial. Isso deve-se ao fato de, experimentalmente, saber-se que não emitimos radiações nocivas.

(c) A vitamina D é um composto muito importante aos seres humanos e é produzida pelo nosso corpo na presença de RADIAÇÃO SOLAR. Então, a exposição a esse tipo de RADIAÇÃO é benéfica ao nosso organismo.

Apenas 12,5% não concordam afirmando que essa radiação é prejudicial ao organismo, sendo que os demais consideram que a vitamina D é importante e o problema da radiação solar é o abuso na exposição.

(d) As areias das praias de Guarapari (litoral do Espírito Santo) são naturalmente mais RADIOATIVAS do que outras do Brasil. Considerando essa informação, as pessoas dessa cidade devem possuir maior probabilidade (chance) de desenvolver algum tipo de câncer.

53,75% posicionam-se de acordo com a afirmativa, novamente associando a presença de radiação à geração de câncer. Os outros apresentaram opiniões ponderadas afirmando que nem toda radiação faz mal, o risco depende do tipo e da quantidade de radiação e alguns relacionaram às próprias experiências em com essa cidade, dizendo que nunca sofreram nenhum efeito.

(e) Existe um tipo de potássio (^{40}K) que é radioativo e é encontrado nas bananas. Então, deve-se evitar o consumo regular de banana por ela ser um alimento com material radioativo.

Somente 5% não responderam a essa questão, enquanto os demais discordam da afirmativa, alegando que se esse elemento oferecesse risco a banana não seria tão recomendada e, muitos deles, afirmaram comer a fruta constantemente e, por isso acreditam que ela não é prejudicial.

As respostas para as afirmativas sobre radiação natural evidenciaram que quando o senso comum e as recomendações médicas são coerentes com o que foi proposto, os alunos tendem a concordar massivamente. Contudo, quando afirma-se idéias que não estão presentes no cotidiano geral, a maioria assume uma postura preconceituosa frente à radiação, mostrando-se ainda receosa quanto a esse tema.

Pode-se perceber com essa avaliação preliminar é que o questionário está abrangente e consegue discriminar bem os padrões de resposta, apresentando informações relevantes aos alunos.

V - CONCLUSÕES

Foi possível confirmar que o maior temor frente à radiação é a associação com a geração de câncer, o que ainda aflige a comunidade e, a consequência da falta de instrução a esse respeito, é a ligação da presença de todas as radiações a um perigo mortal.

A principal conclusão até o momento quanto às idéias apresentadas pelos estudantes é que as atuais discussões sobre aquecimento global e poluição atmosférica têm absolvido a energia nuclear na mente das pessoas que, antes eram declaradamente contra essa ameaça à segurança do meio ambiente. Foi perceptível que os debates em sala de aula e na mídia moldaram as idéias favoravelmente a essa tecnologia, mesmo que as informações sobre ela seja ainda precárias. Isso é uma prova de que a educação a respeito desse tema tem poder para proporcionar à população melhores condições de debater quanto a uma necessidade urgente do planeta e, também tranquilizar as mentes quanto às radiações e suas tecnologias, ainda pouco conhecidas e pobremente abordadas no conteúdo de ciências.

REFERÊNCIAS

- AHLBOM A., GRENN A., KHEIFETS L., SAVITZ D. SWERDLOW A. Edpidemiology of Helth Effets of Radiofrequency Exposure. *Environmental Medicine* Vol.112. No 17.. pp. 1741-1753. Sep, 2004.
- AUTOR 2 (1995) artigo em *Science & Education*
- _____ (1996) artigo em *Investigações em Ensino de Ciências*
- _____ (2000) Livro.
- _____ E COLEGA (2003) Book.
- _____ e COLEGA (2006) Capítulo de livro
- _____ E COLEGAS (2006) artigo em *Investigações em Ensino de Ciências*
- DRIVER R., ASOKO H., LEACH J., MORTIMER E., SCOTT P. Construindo o conhecimento científico em sala de aula. *Química Nova na Escola*, nº 9, p. 31-40, maio, 1999.
- _____. & EASLEY, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 12: 7-15.
- CARDOSO E. DE M., ALVES I. P., LIMA J. M. DE, SILVA P. P. DE L. E, BRAZ C., PESTANA S. *Energia Nuclear – Apostila Educativa*. CNEN.
Disponível em: www.cnen.gov.br/ensino/apostilas/energia.pdf
Acesso em 15/03/2007
- CNEN. *Energia Nuclear – Apostila Educativa*
Disponível em: www.cnen.gov.br/ensino/apostilas/energia.pdf
Acesso em 15/03/2007
- _____. *Aplicações da Energia Nuclear – Apostila Educativa*
Disponível em: www.cnen.gov.br/ensino/apostilas/aplica.pdf
Acesso em 15/03/2007
- CORREA, M. S. *Higiene Pessoal: das Concepções e Práticas aos Treinamentos*. Belo Horizonte: UFMG/Faculdade de Educação (Dissertação, Mestrado), 1997.
- COSTA D. C., OLIVEIRA J. M. A. P., BRESSAN R. A., PET e SPECT em neurologia e psiquiatria: do básico às aplicações clínicas. *Rev Bras Psiquiatr* 2001;23(Supl I):4-5 – Disponível em: www.scielo.br/pdf/rbp/v23s1/5561.pdf
Acesso em 16/03/07
- COSTA L. G., COSTA A. P. A. O ensino de física das radiações na formação de auxiliares de enfermagem e atendentes de consultórios odontológicos: sondagem de concepções sobre os raios-x com enfoque na prevenção e tecnologia. *Ciência & Educação*, v. 8, n. 2, p. 161-165, 2002.
- FERREIRA A. A., HOSOUME Y.. Concepções sobre radiações de estudantes de um curso de Educação de Jovens e Adultos. Disponível em: www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0618-1.pdf
Acesso em 12/03/2007
- GILBERT, J.K. & SWIFT, D.J. (1985). Towards a Lakatosian analysis of the Piagetian and alternative conceptions research programs. *Science Education*, 69(5): 681-696.
- HENRIKSEN E. K., JORDE D., High school students' understanding of radiation and the environment: Can museums play a role? Disponível em: <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=1153989>

Acesso em 13/03/2007

- IPEN, Energia nuclear é tema de curso para professores em São Paulo -
Disponível em: www.ipen.br/sitio/index.php?ap=32&idc=801

Acesso em 15/03/2007

- KELECOM, A. ; GOUVEA R. C. S. *A percepção da radioatividade por estudantes de nível superior*. Mundo & Vida, Niterói, v. 3, n. 2, p. 78-89, 2002
- LEAL, A. S. ; FAËDA K. ; WEILLER L. ; DOMINGOS S. The Public Knowledge about the concept of radiation: the cases of mobile phones and irradiated food. In: International Youth Nuclear Congress -2006, 2006, Estocolmo - Oulu. International Youth Nuclear Congress -2006, 2006.
- MATTHES F., ROSENKRANZ G., BERMANN C. *A Energia Nuclear em Debate – Mitos, Realidades e Mudanças Climáticas*. Trad. Hathaway D., Fundação Heinrich Böll no Brasil.
Disponível em: boell-latinoamerica.org/download_pt/Energia_Nuclear_em_Debate.pdf

Acesso em 18/03/2007

- MATTHEWS, M.R. (1992). Constructivism and empiricism: an incomplete divorce. *Review of Educational Research*, 22: 299-307.
- MERGIKOS R., O Acidente Radiológico de Goiânia, Revista Brasileira de Ensino de Física, vol.22, março 1999, pp 60-68.
- ORNELLAS C. B. D., GONÇALVES M. P. J., SILVA P. R., Martins R. T., Atitude do consumidor frente à irradiação de alimentos. *AliCiênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 26(1): 211-213, jan.-mar. 2006.
Disponível em: www.scielo.br/pdf/cta/v26n1/28872.pdf

Acesso em 18/03/2007

- PAULINO J. Radiações Eletromagnéticas Não-Ionizantes Emitidas pelas Antenas Fixas de Telefonia Celular. Disponível em: [www.eletrica.ufsj.edu.br/pub/eletrotecnica/aterramento/textos/6\(a\)-Radiacoes%20nao%20ionizantes.pdf](http://www.eletrica.ufsj.edu.br/pub/eletrotecnica/aterramento/textos/6(a)-Radiacoes%20nao%20ionizantes.pdf)

Acesso em 18/03/2007

- PEREIRA, E. C; SOUZA, M. R. *Interface entre risco e população*. XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, Caxambu, MG, BR, setembro, 2006.
Disponível em: www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2006/docspdf/ABEP2006_592.pdf

Acesso em 28/05/07

- PUC-Minas. www.pucminas.br

Acesso em 17/04/07

- ROBILOTTA CC. A tomografia por emissão de pósitrons: uma nova modalidade na medicina nuclear brasileira. *Rev Panam Salud Publica*. 2006; 20(2/3):134-42.
- SCRIBNER, S. Studying working intelligence. In: ROGOFF, B. & LAVE, J. (Eds.). *Everyday cognition*. Cambridge: Harvard University Press, 1984.
- SOARES W. A., Energia Nuclear – Exposições Itinerantes Disponível em: http://intranet.cdn.br/arquivo/canal_nc/disseminacao/2006/Atividades_desenvolvidas_no_projeto_Energia_Nuclear_exposicoes_itinerantes_em_2005.pdf

- UFMG. www.ufmg.br

Acesso em 17/04/07

- VIENNOT, L. (1979). Spontaneous Reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education* 1(2): 205-221.
- VOLOSHINOV, V.N. (1929/1973) *Marxism and the Philosophy of Language*. Cambridge, M.A.: Harvard University Press.
- WHO. 2006 *WHO Research Agenda for Radio Frequency Fields*

Disponível em: www.who.int/peh-emf/research/rf_research_agenda_2006.pdf

Acesso em 19/03/2007

- _____. *What effects do mobile phones have on people's health?*. 13 Nov. 2006.

Disponível em: www.euro.who.int/HEN/Syntheses/MobilePhones/20061017_10

Acesso em 15/05/07

- _____. *Electromagnetic Fields and Public Health: Public Perception of EMF Risks Perception of Mobile Telephone and Their Base Stations* - Fact sheets no 184 - Revised May 1998 -

Disponível em: www.who.int/mediacentre/factsheets

Acesso em 15/05/07