FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL

MICHELY PRESTES

O ENSINO DE FÍSICA DAS RADIAÇÕES: CONTRIBUIÇÕES DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Educação Ambiental, do Programa de Pós-graduação em Educação Ambiental da Fundação Universidade Federal do Rio Grande, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação Ambiental. Área de concentração: Educação Ambiental: Ensino e Formação de Educadores.

Orientador: Prof. Dr. Arion de Castro Kurtz dos Santos.

RIO GRANDE
2008

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

P936e Prestes, Michely
O ensino de física das radiações: contribuições da educação ambiental / Michely Prestes; Orientador: Prof. Dr. Arion de Castro Kurtz dos Santos. - 2008.
193 f.

Dissertação (Mestrado em Educação Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2009.

1. Educação 2. Meio ambiente 3. Física 4. Radiação I. Título.

CDU: 504:37.046.14

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Central / FURG

MICHELY PRESTES

O ENSINO DE FÍSICA DAS RADIAÇÕES: CONTRIBUIÇÕES DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Dissertação aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Educação Ambiental no Programa de Pós-graduação em Educação Ambiental da Fundação Universidade Federal do Rio Grande – FURG. Comissão de avaliação formada pelos professores:

_____

Dr. Arion de Castro Kurtz dos Santos
(Orientador - FURG)

_____

Dr[a]. Paula Regina Costa Ribeiro
(FURG)

_____

Dr[a]. Nádia Fátima dos Santos Bucco
(UNIPAMPA)

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho não seria possível sem a colaboração e apoio de muitas pessoas, às quais apresento meus sinceros agradecimentos.

Agradeço a Deus por me ajudar a escolher o melhor caminho diante de tantas possibilidades.

Ao Prof. Dr. Arion de Castro Kurtz dos Santos pelo incentivo e orientação recebida durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Grupo Cep-Rua, em especial às amigas e companheiras de pesquisa Narjara, Queila, Lídia, Camila, Adriana.

Aos professores Altair Faes, Gilma Trindade e Eliane Cappelleto pelos saberes transmitidos, pelas contribuições nas discussões do projeto e pela amizade.

Aos meus colegas da pós-graduação Samara, Maria Cristina, André, Alice, Angela, Caroline, Isabel pelas contribuições e apoio nas horas difíceis. Em especial, ao colega, companheiro e amigo Milton Cápua pelas intensas discussões, troca de experiências e carinho demonstrado durante todo o mestrado.

Aos amigos Adolfino, Núbia, Eva, Manoela e Deise pelo carinho, apoio e palavras otimistas.

Aos professores do programa de pós-graduação que me auxiliaram através das orientações nas disciplinas que cursei no programa. Aos secretários Gilmar, Bruno e Ida pela atenção, disponibilidade e simpatia.

À Diretora, aos alunos e à querida amiga Ana Paula, professora da disciplina de Física da escola Lília Neves, que possibilitaram o trabalho na instituição.

Ao meu noivo Ferdinando um agradecimento especial pela intensa cooperação, presença amorosa, momentos de lazer e pela compreensão nas minhas ausências.

A minha mãe, Nilza ao meu pai, Reni e a minha irmã, Aline o meu reconhecimento por todo o amor e dedicação. Agradeço por sempre estarem ao meu lado.

A todos os meus amigos e colegas pelo incentivo e apoio durante todo o percurso acadêmico.

Encontro Marcado

"Andei.
Por caminhos difíceis, eu sei.
Mas olhando o chão sob meus pés,
vejo a vida correr.
E, assim, cada passo que der,
tentarei fazer o melhor que puder.
Aprendi.
Não tanto quanto quis,
mas vi que, conhecendo
O universo ao meu redor,
aprendo a me conhecer melhor,
E assim escutarei o tempo, que ensinará
A tomar a decisão certa em cada momento.
E partirei, em busca de muitos ideais.
Mas sei que hoje
Se encontram meu passado, futuro e presente.
Hoje sinto em mim a emoção da despedida.
Hoje é um ponto de chegada e,
ao mesmo tempo, ponto de partida.
Se em horas de encontros
pode haver tantos desencontros,
que a hora da separação seja, tão-somente,
a hora de um verdadeiro,
profundo e coletivo encontro.
De tudo ficarão três coisas:
a certeza de estar sempre começando,
a certeza de que é preciso continuar
e a certeza de ser interrompido antes de terminar.
Fazer da queda um passo de dança,
do medo uma escada, do sonho uma ponte,
da procura um encontro."

Fernando Sabino.

RESUMO

Pensar sobre Educação Ambiental é se desacomodar, questionar-se, conhecer sobre a realidade social, despertar a consciência para os direitos e os deveres da sociedade. A escola se constitui em um espaço privilegiado para desenvolver a Educação Ambiental e assim problematizar questões que fazem parte do cotidiano dos educandos, contribuindo para a formação de cidadãos mais críticos, capazes de responder às demandas do mundo contemporâneo. Como educadores na disciplina de Física, preocupamo-nos com o Ensino de Física das Radiações, visto que estamos constantemente expostos à radiação, podendo acarretar em prejuízos para a Saúde, com a exposição indevida. Diante disto, este estudo teve como objetivo investigar as idéias dos alunos, sobre a radiação, e desenvolver uma Unidade de Aprendizagem (UA), elaborada sob alguns pressupostos da Educação Ambiental, com uma perspectiva de ações interdisciplinares. A proposta foi idealizada com base na linha de pesquisa de Educação Ambiental: Ensino e Formação de Educadores (as). O trabalho foi desenvolvido com alunos da 3° Série do Ensino Médio da Escola Estadual Lília Neves, no bairro Quinta do município de Rio Grande, RS. A Metodologia constou de quatro fases distintas onde, inicialmente foi elaborado um questionário para conhecer as idéias dos alunos sobre a radiação, em seguida foi desenvolvida uma unidade de aprendizagem que auxiliou os alunos a responderem problematizações. Na terceira fase de coleta de dados, um novo questionário, obedecendo a uma linguagem científica, foi aplicado aos alunos do grupo experimental e a outra turma da 3° Série do Ensino Médio da mesma Escola, porém que não participou das atividades desenvolvidas na UA. Por fim, o último momento de coleta de dados ocorreu ao ser desenvolvida, com cinco alunos do grupo experimental, uma entrevista semi-estruturada. Os dados obtidos nos referentes instrumentos foram interpretados através de análise textual qualitativa e de análise quantitativa, pelo método estatístico não-paramétrico. Os resultados foram interpretados através de gráficos, tabelas e redes sistêmicas e sugerem que os estudantes, apesar de conhecerem sobre o tema, apresentaram idéias desarticuladas e parcialmente corretas. Pode-se constatar também que o desenvolvimento da unidade de aprendizagem foi capaz de mostrar diferenças significativas nas respostas dos dois grupos analisados, de maneira que o grupo experimental se destacou e apresentou melhores resultados que o grupo de controle, o que parece evidenciar que a unidade de aprendizagem auxiliou a superar algumas das lacunas apresentadas inicialmente pelos alunos.

Palavras-chave: Educação Ambiental. Ensino de Física. Unidade de Aprendizagem. Radiação.

ABSTRACT

To think about Ambient Education is not to stand still, is to question yourself, to get to know about the social reality, to wake the consciousness to the rights and duties of the society. The school is built in a privileged place to develop the Ambient Education and problematize issues that are part of the daily lives of the students, contributing to the formation of more critical citizens, capable of responding to the demands of the contemporaneous world. As educators in the class of Physics, we are worried about the Teaching of Radiation Physics, since we are constantly exposed to radiation, which can lead to losses for Health, with the undue exposure. Facing this, this study aimed to investigate the ideas of students on the radiation, and develop a Learning Unit (LU), established under some assumptions of Environmental Education, with a view to interdisciplinary activities. The proposal was idealized based on a research on Ambient Education: Teaching and Educators' Formation. The study was conducted with students in the 3rd year of high school Lília Snow in Quinta neighborhood in the municipality of Rio Grande, RS. The methodology consisted of four distinct phases where it was originally prepared a questionnaire to learn about the students' ideas about radiation, then it was developed a learning unit that helped the students to learn how to respond problematizations. In the third phase of data collection, a new questionnaire, according to a scientific language, was applied to students in the experimental group and also to another group of 3rd Series of high school at the same school, but that did not participate in the activities of the UA. Finally, the last time the data collection was to be developed, with five students in the experimental group, a semi-structured interview. The data from the related instruments were interpreted through qualitative textual analysis and quantitative analysis, the non-parametric statistical method. The results were interpreted through graphs, tables and systemic networks, and suggested that students in spite of knowing about the topic showed slowing and partially correct ideas. You can also see that the development of a learning unit was able to show significant differences in the responses of the two groups, so that the experimental group stood out, and showed better results than the control group. What seems evident is that the unity of learning helped to overcome some of the gaps originally presented by the students.

Key words: Ambient Education. Physics Teaching. Learning Unit. Radiation.

SUMÁRIO

I - CONSIDERAÇÕES INICIAIS 13

1.1 Objetivos da Pesquisa 16

1.2 Questões da Pesquisa 17

II - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 19

2.1 A Educação Ambiental 19

2.2 O Ensino de Física 23

2.3 A Busca pela Interdisciplinaridade com o Apoio dos PCN 25

2.4 A Busca pela Aprendizagem Significativa 28

2.5 As Idéias dos Alunos e a Formação de Conceitos 30

2.6 Física das Radiações 33

2.6.1 Estrutura da matéria 33

2.6.2 Radiações Eletromagnéticas 35

2.6.3 Espectro Eletromagnético 36

2.6.3.1 Ondas de Rádio 37

2.6.3.2 Microondas 37

2.6.3.3 Infravermelho 38

2.6.3.4 Luz Visível 39

2.6.3.5 Raios Ultravioletas 39

2.6.3.6 Raios-X 44

2.6.3.7 Raios Gama 49

2.6.4 Acidente de Goiânia 52

2.6.5 Efeitos Biológicos das Radiações 56

III - METODOLOGIA 59

3.1 Público Alvo 59

3.2 O Caminho na Coleta de Dados 60
3.3 Instrumentos de Pesquisa 61
3.3.1 Instrumento 1: Questionário das idéias dos alunos sobre a radiação 62
3.3.2 Instrumento 2: Problematizações 63
3.3.3 Instrumento 3: Questionário aplicado com duas turmas distintas 63
3.3.4 Instrumento 4: Entrevista semi-estruturada 64
3.4 Análise dos Dados 64
3.4.1 Análise Qualitativa 65
3.4.2 Análise Quantitativa 67
3.5 Redes Sistêmicas 68
IV - PROPOSTA DIDÁTICA: UNIDADE DE APRENDIZAGEM 70
4.1 Estrutura da Unidade de Aprendizagem 73
4.1.1 Radiação Gama 74
4.1.2 Radiação-X 76
4.1.3 Radiação Ultravioleta 78
V - ANÁLISE DOS RESULTADOS 81
5.1 Análise do Instrumento 1: Questionário das idéias dos alunos sobre radiação 81
5.1.1 Análise da questão 01 82
5.1.2 Análise da questão 02 84
5.1.3 Análise da questão 03 85
5.1.4 Análise da questão 04 86
5.1.5 Análise da questão 05 87
5.1.6 Análise da questão 06 88
5.1.7 Análise da questão 07 88
5.1.8 Análise da questão 08 90

5.1.9 Análise da questão 09 92
5.1.10 Análise da questão 10 93
5.1.11 Análise da questão 11 94
5.1.12 Análise da questão 12 95
5.1.13 Análise das questões 13 e 14 96
5.1.14 Análise da questão 15 98
5.1.15 Análise da questão 16 99
5.1.16 Análise da questão 17 99
5.1.17 Análise da questão 18 100
5.2 Análise do Instrumento 2: Problematizações 100
5.2.1 Análise da Problematização 1 101
5.2.2 Análise da Problematização 2 102
5.2.3 Análise da Problematização 3 103
5.2.4 Análise da Problematização 4 104
5.2.5 Análise da Problematização 5 105
5.2.6 Análise da Problematização 6 105
5.2.7 Análise da Problematização 7 106
5.3 Análise do Instrumento 3: Questionário aplicado a duas turmas distintas 108
5.3.1 Análise da questão 01 111
5.3.2 Análise da questão 02 113
5.3.3 Análise da questão 03 114
5.3.4 Análise da questão 04 115
5.3.5 Análise da questão 05 117
5.3.6 Análise da questão 06 118
5.3.7 Análise da questão 07 119

5.3.8 Análise da questão 08 120
5.3.9 Análise da questão 09 121
5.3.10 Análise da questão 10 122
5.3.11 Análise da questão 11 123
5.3.12 Análise da questão 12 124
5.3.13 Análise da questão 13 125
5.3.14 Análise da questão 14 127
5.3.15 Análise da questão 15 128
5.4 Análise do Instrumento 4: Entrevista semi-estruturada 129
5.4.1 Análise da questão 01 129
5.4.2 Análise da questão 02 132
5.4.3 Análise da questão 03 135
5.4.4 Análise da questão 04 140
VI - CONCLUSÃO 147
6.1 Resposta à primeira questão de pesquisa 147
6.2 Resposta à segunda questão de pesquisa 149
6.3 Resposta à terceira questão de pesquisa 154
6.4 Limitações da Pesquisa 155
6.5 Recomendações para Trabalhos Futuros 156
6.6 Considerações Finais 157
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 159
APÊNDICES 168
APÊNDICE 1: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido 169
APÊNDICE 2: Primeiro Momento de Coleta de Dados. 173
APÊNDICE 3: Segundo Momento de Coleta de Dados. 177

APÊNDICE 4: Terceiro Momento de Coleta de Dados. 178

APÊNDICE 5: Quarto Momento de Coleta de Dados. 182

APÊNDICE 6: Material de Apoio 183

I - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Neste capítulo apresentamos os aspectos que serviram de motivação para o desenvolvimento deste trabalho, bem como os objetivos e as questões de pesquisa.

Os caminhos percorridos sejam por escolhas próprias ou mesmo, em alguns momentos, impostos pelo sistema, foram necessários para refletir sobre toda a minha trajetória e, assim, desafiando-me e encorajando-me para o início desta pesquisa.

Os caminhos continuam a ser construídos e reconstruídos, os passos às vezes não são firmes, porém acreditar neste trabalho, na possibilidade de crescer aprendendo com os próprios erros e ter a oportunidade de alguma forma, poder contribuir com a sociedade são os principais motivos que me conduzem a trilhar por caminhos tão incertos no processo em que me constituo pesquisadora.

Este trabalho vem sendo definido na medida em que fui percebendo a importância da disciplina de Física no currículo escolar. Farei, neste momento, um resgate da minha formação acadêmica para que o leitor entenda os motivos de minhas escolhas.

Antes de começar o curso de Física, no ano de 2000, na Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG) fiz vestibular para os cursos de Medicina, Enfermagem e Biologia, onde não obtive sucesso.

Sempre me interessei pela área da saúde, e num primeiro momento parece que a escolha pelo curso de Física me afastaria desse enfoque, o que não ocorreu. Estava em meus objetivos fazer Física com intenções de atuar na área da Física Médica, mesmo que no ano de minha aprovação no vestibular (2000) ainda não tivesse disponível no curso de Física da FURG uma ênfase voltada para a saúde.

No ano de 2003 a FURG começou a oferecer uma nova ênfase de bacharelado, agora em Física Médica. Então, com muito entusiasmo iniciei as disciplinas deste bacharelado ao mesmo tempo em que iniciei as disciplinas da licenciatura em Física.

A princípio, a minha escolha pela licenciatura foi por disponibilidade de horário, mas no decorrer do curso minha opinião foi mudando e meu interesse pela educação aumentava. Principalmente quando fiz o estágio da licenciatura em Física, em 2004, com alunos que faziam parte do EJA (Educação para Jovens e Adultos).

No início do estágio, alguns professores da própria escola, desacreditados com o ensino, devido às grandes dificuldades, relatavam suas experiências e a preocupação com a falta de conhecimento, dedicação e o aumento na desistência dos alunos, bem como a falta de recursos didáticos da escola entre outras coisas. Mesmo com todos os pontos negativos apontados por estes profissionais experientes, procurei não me deixar abater e continuei acreditando que era possível realizar um bom trabalho.

No período do estágio docente, dispunha de duas horas aula por semana onde planejava o material para ser desenvolvido em cada encontro. No entanto, muitas vezes não conseguia concluir o programa das atividades em sala de aula. Então, aprendi que era necessário não estar preocupada somente em vencer o conteúdo, mas também era necessário um tempo para escutar os alunos, para discutir as relações das teorias trabalhadas em aula com as vivências cotidianas da turma, que eram muitas. Com esta experiência, comecei a entender o grande valor e o compromisso de ser educadora, que está muito além de trabalhar somente as teorias científicas. Neste momento, já estava totalmente envolvida e comprometida com a educação e convicta que não conseguiria abrir mão da licenciatura, mesmo atuando na área da Física Médica. No final do ano (2004) concluí com muitas expectativas a graduação na licenciatura em Física.

Estes ideais foram se consolidando à medida em que tive outras oportunidades, como a participação no grupo de pesquisa Cep Rua da FURG (Centro de Estudos Psicológicos Sobre Meninos e Meninas de Rua). O Cep Rua, que desenvolve pesquisa sobre famílias e populações em situação de risco, é coordenado pela professora Dr. Maria Ângela Mattar Yunes. Como bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq) do Cep Rua (FURG) participei da pesquisa sobre as crenças e percepções de professores de escolas públicas acerca da resiliência em famílias monoparentais que vivem a situação de pobreza. Com este projeto tive a oportunidade de iniciar os primeiros passos na pesquisa em Educação além de entender melhor o contexto escolar.

Entre outros projetos, conciliando as atividades da licenciatura, comecei a participar dos primeiros estágios em hospitais, proporcionados pelo bacharelado em Física Médica, assim passei pela radiologia, ressonância magnética, medicina nuclear e radioterapia.

"A Física Médica é o ramo da Física que compreende a aplicação dos conceitos, leis, modelos, agentes e métodos da Física para a PREVENÇÃO, diagnósticos e tratamento de doenças, desempenhando uma importante função na assistência médica, na pesquisa biomédica e na otimização da proteção radiológica. O desenvolvimento mais importante da Física Médica, tal como a entendemos atualmente, tem lugar a partir do descobrimento dos raios-X e da radioatividade, dado seu impacto decisivo na moderna diagnose e terapêutica médica" (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FÍSICA MÉDICA, 2006).

Acredito que um dos períodos mais marcantes na minha formação, na área médica, foram os três anos de acompanhamento do trabalho profissional do Físico da Oncologia da Santa Casa de Rio Grande.

Com esta experiência, pude entender a complexidade que envolve o paciente em tratamento, onde tão importante quanto fazer os cálculos, que determinam o tempo de exposição à radiação, ou fazer curvas de Isodose para mapear os órgãos atingidos, é perceber que cada paciente tem uma característica própria, uma necessidade específica, e é preciso valorizar os sentimentos, as curiosidades, as dúvidas e os seus medos, esclarecendo da melhor maneira todas as suas inquietações.

Não saberia, neste momento, quantificar quantas vezes escutei o Físico da Oncologia, que posteriormente foi nosso professor na universidade, explicar para cada paciente o que seria a radioterapia, na tentativa de minimizar o medo por algo desconhecido. As explicações se davam independente da classe social ou da fragilidade do paciente. Foi um verdadeiro aprendizado de humanização.

Percebo, então, os pressupostos de uma Educação Ambiental, onde é preciso se conhecer a realidade social para buscar alternativas de ação minorando os problemas que encontramos no cotidiano.

A rotina do hospital me possibilitou perceber o quanto o paciente com câncer não entendia da sua própria doença assim como, na maioria das vezes, não fazia idéia sobre o tratamento. As dúvidas, medos, crenças a respeito da doença e da própria terapia com radiação tornavam a realidade mais complexa, o que resultava, em alguns casos, na desistência da luta pela vida com a recusa do tratamento, e ainda, havia situações em que o paciente recorria ao tratamento num estado lamentável, onde o câncer alcançara proporções alarmantes.

Outro agravante que comprometia a aceitação do tratamento, para alguns pacientes, ocorria com a queda dos cabelos causada por tratamentos com químicos.

E, ainda, o fato de ficarem com seus corpos nus expostos diante dos diversos profissionais da saúde, que na rotina de trabalho marcavam, mediam, apalpavam os órgãos comprometidos durante as seções do tratamento. Como se não bastassem todas estas questões, que de certa forma dificultavam o tratamento, não era raro escutar relatos dos pacientes sobre o desconforto encontrado quando se sentiam alvo do preconceito da sociedade, que os condenava com olhares e comentários. Muitos pacientes mudavam toda sua rotina, isolando-se das pessoas e das atividades sociais, saindo de casa somente para fazer o tratamento, por não se sentirem à vontade devido a queda dos seus cabelos ou outras situações.

Com isto, comecei a perceber que a Física ministrada na escola poderia contribuir na melhoria do entendimento destas, assim como de outras questões vivenciadas em nossa sociedade.

Estas vivências me mobilizam atualmente, enquanto pesquisadora, a buscar no âmbito escolar, alternativas de discutir a disciplina de Física voltada para o desvelamento das tecnologias médicas que utilizam radiação. Da mesma forma, promover discussões sobre o tema com o intuito de potencializar um novo olhar para a prevenção de doenças, em foco o câncer de pele, desmistificando concepções que possam estar equivocadas.

Acredito que não seria certo fechar os olhos para esta realidade e não discutir o tema das Radiações com os alunos. Precisamos, enquanto educadores, indicar outras possibilidades para os alunos, para que possam ter o direito e a liberdade de escolhas mais conscientes e assim, se possível, melhorar sua qualidade de vida.

Portanto, baseado no que já se falou, pretendemos com esta pesquisa investigar os resultados do desenvolvimento de uma Unidade de Aprendizagem (UA) com o tema Radiação, e obter subsídios para complementar o seu desenvolvimento, a fim de permitir que a mesma seja trabalhada na disciplina de Física e de outras Ciências.

1.1 Objetivos da Pesquisa

Apresentamos, neste momento, alguns dos objetivos almejados no desenvolvimento da pesquisa.

Procuramos investigar as idéias dos alunos, sobre a radiação, e desenvolver uma Unidade de Aprendizagem (UA), elaborada sob alguns pressupostos da Educação Ambiental, com uma perspectiva de ações interdisciplinares, a fim de

promover uma transição do conhecimento prévio dos alunos para um conhecimento mais estruturado. Desta forma, destacamos os objetivos propostos na unidade de aprendizagem.

1) Trabalhar a disciplina de Física numa perspectiva interdisciplinar com o apoio de outras ciências como a Biologia, Química e a História de acordo com a curiosidade dos educandos e a necessidade dos conceitos envolvidos na UA;
2) Desenvolver as atividades de forma individual, em dupla e em grupo possibilitando, através do diálogo entre os educandos, troca de experiências, um ambiente agradável e estimulante para o ensino-aprendizagem;
3) Desenvolver a UA problematizando o acidente de Goiânia, o símbolo internacional da radiação, o tratamento de radioterapia, os benefícios e os prejuízos do exame de raios-X e a prevenção do câncer de pele;
4) Diversificar as aulas utilizando recursos pedagógicos, como por exemplo, fotos visualizadas na televisão com o auxílio do DVD, painéis com figuras, textos para leitura e utensílios de exposição prática com o intuito de aguçar a curiosidade e o interesse dos educandos;
5) Promover maior participação dos educandos através de: leitura de texto, expressão escrita, expressão oral, atividade em grupo, pesquisa e síntese de material textual;
6) Coletar dados durante as atividades propostas na UA e, posteriormente, analisar os mesmos;
7) Levar ao conhecimento da escola os resultados da pesquisa e propor um engajamento para dar ênfase a UA no currículo;

1.2 Questões da Pesquisa

As radiações fazem parte do nosso mundo desde a sua criação e, através da produção do conhecimento científico, esta forma de energia vem sendo utilizada em diversas tecnologias beneficiando a sociedade. Porém, é preciso ter cuidado quanto ao excesso e à exposição indevida à radiação, visto a possibilidade de ocorrer danos à saúde, independentemente desta exposição ser oriunda da radiação solar, de equipamentos médicos ou de qualquer outra tecnologia. Podemos dizer também que

outra forma de prejuízo à saúde ocorre quando existe a necessidade de exposição às tecnologias que utilizam a radiação, em tratamentos ou diagnósticos médicos, para promover o bem-estar do paciente, mas, devido a entendimentos equivocados a respeito desses procedimentos médicos, alguns pacientes não aceitam a terapia, podendo haver um comprometimento no processo de cura de doenças como o câncer.

Frente a esta realidade, onde os conhecimentos e as supostas ações do público podem influenciar se a radiação vai apresentar benefícios ou prejuízos à saúde, percebemos a necessidade de desenvolver, no contexto escolar, um projeto educativo que viabilizasse problematizar os hábitos e as atitudes da sociedade.

O tema em estudo se mostra relevante para a Educação Ambiental devido a sua dimensão social com caráter de educação permanente, podendo ser uma das maneiras de contribuir na tomada de decisão, potencializando através da cidadania atitudes para o cuidado com a saúde. Com a contextualização do ensino de Física das radiações, entendemos que o estudante se torna capaz de participar efetivamente de discussões sobre a relação da ciência–tecnologia–sociedade, resultando em reflexões que podem interferir direta ou indiretamente em suas experiências diárias.

Sendo assim, apresentamos as questões que orientaram esta pesquisa:

- Quais são as idéias iniciais que os alunos apresentam sobre a radiação?
- Qual a estrutura que deve ter uma Unidade de Aprendizagem para que esta consiga promover o confronto das idéias prévias, levantadas sobre radiação, com as idéias aceitas cientificamente para que o aluno reconstrua seu conhecimento ao longo do processo de desenvolvimento?
- Existem evidências de que, de fato, a Unidade de Aprendizagem conseguiu promover uma aprendizagem efetiva, com o desenvolvimento de conhecimentos específicos, científicos, sobre radiação?

Buscando responder às questões de pesquisa e entender os processos pelos quais novos significados vão se construindo e reconstruindo, melhorando a prática educativa no ensino de Física, no próximo capítulo apresentamos a fundamentação teórica que auxiliou no desenvolvimento deste trabalho.

II - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo apresentamos os conceitos que compõem a fundamentação teórica, que servirão para o entendimento dos tópicos tratados pelos instrumentos utilizados na coleta de dados, bem como tratamento e interpretação destes.

2.1 A Educação Ambiental

Estamos, enquanto sociedade, inseridos num contexto que está passando por graves conflitos oriundos de vários fatores, entre eles, a desigualdade, que impede um desenvolvimento social mais justo para a grande maioria da população, a ética que atualmente parece estar meio fora de moda, de forma que as mesmas leis e benefícios, que deveriam atender a todos, servem apenas para uma pequena parcela da sociedade. Sobretudo, encontramos apoio em Reigota (1994, p.11) quando menciona que "nas relações sociais, a ética está muito pouco, ou quase nunca, presente e, a possibilidade de levar vantagem em qualquer situação é o clichê básico predominante".

Com a necessidade de mudança, Ruscheinsky (2002, p.10) nos faz refletir sobre o quadro "da aplicação desigual da lei ambiental, dos usurpadores dos recursos públicos, dos fraudulentos ante a lei dos princípios éticos", destacando ainda, como uma possível solução, a importância da atuação de "um governo realmente associado às prioridades ambientais, éticas e sociais e liderado por um projeto político cujos fundamentos apontem um compromisso com os setores subalternos" e, uma sociedade mais consciente e participativa. Estas questões associadas a muitas outras, que de forma semelhante, são decorrentes da falta de planejamento efetivo e de compromisso, têm gerado como reflexo, crises profundas que se estabelecem em diversos setores importantes como na política, na educação, na segurança pública, na saúde e nas relações do homem como parte da natureza.

Segundo Loureiro (et al., 2004, p.129), "basta um olhar mais atento sobre o país, para se perceber que entre os indicadores econômicos clássicos e a realidade brasileira, presente em cada localidade, da mais simples à mais complexa, há uma enorme distância", onde a pobreza de muitos se opõe à riqueza de poucos. Assim, de acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2002), "há mais de 24 milhões de miseráveis, 30 milhões de pobres, 60 milhões de quase

pobres, 50 milhões na classe média e 2 milhões de ricos no Brasil", o que para Loureiro (et al., 2004, p.130) significa dizer que "a grande maioria dos brasileiros vive em situações de extrema carência material, com efeitos diretos no tipo de cidadania e participação política existente na sociedade e no modo com se dão as relações de uso, troca, criação, transformação e apropriação da base natural que garante a sustentabilidade da vida planetária".

Devido a essas constatações, insatisfeitos com a realidade, alguns membros da sociedade estão se questionando sobre os paradigmas da educação vigente e repensando possibilidades de mudanças socioambientais para transformar determinados valores e atitudes, buscando garantir melhores condições de vida.

A Educação Ambiental surge como uma nova esperança de reflexão sobre o modo de vida que a sociedade capitalista vem se desenvolvendo, de maneira a avaliar os tempos atuais sob outra perspectiva, onde cada cidadão se torna responsável por suas atitudes, podendo ser um agente promotor do bem-estar coletivo de acordo com suas ações.

Neste sentido, Ruscheinsky (2002, p.11) nos fala que, na perspectiva da Educação Ambiental, "a meta é proporcionar a solidariedade entre todos os setores da sociedade que reconhecem a necessidade de uma nova orientação e direção às políticas de meio ambiente para produzirem os efeitos desejados e ambicionados". O grande desafio da Educação Ambiental está em conseguir mudar para uma postura de maior cooperação nas relações. Para tanto, Sá (2004, p.70) considera necessário "que sejam transformados nossos padrões de pensar e atuar sobre as relações entre ecologia e economia, entre o público e o privado, entre a natureza, a comunidade e a dimensão intersubjetiva". Com isto, o papel da educação em nossa sociedade se torna essencial para estas reflexões.

Assim, Carvalho (2004, p.14) nos ajuda a entender as diversas denominações que abrange a Educação Ambiental, em que muitas vezes torna-se difícil "posicionar-se pelas sendas dos nomes que buscam categorizar, qualificar, adjetivar a educação ambiental e aí encontrar um lugar para habitar". Diante das vozes que se posicionam a favor da Educação Ambiental, acaba-se por adjetivar uma educação que já tem uma adjetivação, segundo a autora, "o atributo ambiental".

No entanto, sem querer eleger uma única Educação Ambiental ou a melhor maneira de desenvolvê-la, é necessário, conforme mencionado por Carvalho (2004, p.15), manter um "diálogo entre as diferentes abordagens" como a "educação

ambiental popular, crítica, política, comunitária, formal, não formal, para o desenvolvimento sustentável, conservacionista". Na verdade, estas ênfases atribuídas a educação podem ser consideradas como "marcas", onde "inscrevem algo que não estava desde sempre aí", ou seja, "deixam aparecer algo novo, uma diferença, uma nova maneira de dizer, interpretar e validar um fazer educativo" (CARVALHO, 2004, p.16).

Como vimos a Educação Ambiental abrange uma multiplicidade de práticas de acordo com o contexto social e as marcas atribuídas ao ambiental. Entretanto, precisamos estar atentos para não reproduzirmos "um viés conservador de educação e sociedade", onde atrelamos a educação ambiental à experiência de algumas escolas que "partem de um pressuposto equivocado: o de que o lixo sempre é o problema principal para a comunidade escolar, e em grande medida acabam, intencionalmente ou não, reproduzindo uma Educação Ambiental voltada para a reciclagem, sem discutir a relação produção-consumo-cultura" (LOUREIRO, 2003, p.38). Contudo, ainda segundo o autor, "há aquelas comunidades em que outros temas são prioridades e, portanto, assumem um efeito mobilizador muito mais intenso (água, depredação da escola, poluição sonora, ausência de área de lazer etc.)" (LOUREIRO, 2003, p.38).

Diante de tamanha diversidade, a literatura tem contribuído para que possamos entender melhor o que atualmente vem ser a Educação Ambiental. Desta forma, com particular interesse pelo âmbito da educação formal, trouxemos nas palavras do autor Reigota (1994, p.12) a seguinte denominação "A educação ambiental, como perspectiva educativa, pode estar presente em todas as disciplinas, sem impor limites a seus estudantes, tem caráter de educação permanente. Ela por si só não resolverá os problemas ambientais planetários, mas pode influir decididamente para isso, ao tornar cidadãos conscientes de seus direitos e deveres".

Partindo dessa premissa, e de acordo com nossa formação, podemos instituir que é possível desenvolver uma Educação Ambiental através da disciplina de Física, ministrada na escola, visto que a Educação Ambiental tem a finalidade de "estabelecer processos práticos e reflexivos que levem a consolidação de valores que possam ser entendidos e aceitos como favoráveis à sustentabilidade global, à justiça social e à preservação da vida" (LOUREIRO, 2003, p.45).

Com isto, a Física das Radiações pode contribuir para esclarecer e problematizar aspectos relevantes às necessidades encontradas pela sociedade em seu

cotidiano, tornando-nos mais críticos e conscientes da realidade. A escola é considerada “um dos locais privilegiado para a realização da educação ambiental” (REIGOTA, 1994, p.24).

Podemos ressaltar a importância do ensino, em particular o de Física, com a problemática ambiental gerada pela falta de informação sobre a radiação que ocasionou no grave acidente na cidade de Goiânia, em setembro de 1987 (veja capítulo 2 seção 2.6.4).

Mesmo este acidente tendo ocorrido no Brasil e com toda a repercussão que teve na época, inclusive internacionalmente, hoje pouco se fala e pouco se sabe do uso das radiações. Ainda, na época do acidente de Goiânia, mais precisamente seis meses após a tragédia, é relatado, através de um documento intitulado *Autos de Goiânia*, que “o acidente caminhava para o esquecimento” e que pouco havia se aprendido com a triste lição do descaso com o material radioativo, abandonado num hospital semidestruído (CANDOTTI, 1988, p.3). Diante deste caso e de outros de níveis menos catastróficos, mas que podem evidenciar problemas ambientais para nosso entorno, entendemos a necessidade de um trabalho com uma proposta de Educação Ambiental.

Nesta pesquisa, procuramos promover alguns princípios da Educação Ambiental, através do desenvolvimento de uma unidade de aprendizagem com o tema radiação, problematizando, entre outros temas, as tecnologias atuais como, por exemplo, as câmaras de bronzeamento artificial, as tecnologias médicas de diagnóstico e de terapia visando, em todo o processo, à prevenção de doenças, onde destacamos o câncer de pele.

A possibilidade de abordar os benefícios e malefícios da radiação, com o intuito de apontar novos caminhos, onde o aluno poderá fazer suas escolhas, sem prejudicar a si ou seu entorno, ainda que seja uma hipótese, nos faz acreditar na grande valia social desta tentativa.

Encontramos apoio em Reigota (1994, p.12) quando é colocado que “tendo consciência e conhecimento da problemática global e atuando na sua comunidade, haverá uma mudança no sistema, que se não é de resultados imediatos, visíveis, também não será sem efeitos concretos”. Desta forma, através da ação, com a práxis educativa, poderemos obter resultados satisfatórios.

2.2 O Ensino de Física

Atualmente, muitas discussões sobre, por exemplo, o aquecimento global, o consumo de energia, a poluição das águas e os desmatamentos têm se tornado públicas através dos meios de comunicação, com o intuito de alertar a sociedade para que participe efetivamente das decisões e não deixe que os grupos econômicos, com fins meramente lucrativos, definam o modo de vida da população de acordo com seus interesses próprios.

O ensino de Ciências, por sua vez a disciplina de Física, nos permite entender melhor o mundo que estamos construindo e vivenciando através do conhecimento dos fenômenos presentes em nosso cotidiano, onde podemos citar "o arco-íris, a chuva, os raios durante tempestades, as fases da lua" e ainda "a iluminação de nossas casas e ruas, o aquecimento produzido pelos fornos de microondas, as ondas eletromagnéticas emitidas pelos telefones celulares, a chapa fotográfica que habilita o médico a fazer diagnósticos" (PIETROCOLA, 2001, p.13).

Concordamos com Júnior (2002, p.54) quando menciona que "as ciências da natureza fornecem elementos para que se possa entender melhor o mundo à nossa volta, sendo importantes para a construção de uma sociedade mais crítica e comprometida com o destino de todos os seres". Precisamos de cidadãos mais conscientes que possam participar ativamente, mobilizando-se contra as injustiças impostas pelo sistema vigente, que empodera um pequeno grupo de pessoas enquanto grande parte da população sofre com os efeitos da fome, miséria, doenças e da desigualdade social.

Segundo Capra (1996, p.24) "o reconhecimento de que é necessária uma profunda mudança de percepção e de pensamento para garantir a nossa sobrevivência ainda não atingiu a maioria dos líderes das nossas corporações, nem os administradores e os professores das nossas universidades".

Assim, por dar início ao ensino formal, a escola se constitui um dos locais apropriados para problematizar o cotidiano dos educandos, contribuindo para a formação de uma sociedade mais humana e ética, capaz de responder às demandas do mundo contemporâneo e de agir de forma mais responsável, atenuando a crise socioambiental.

Porém, o que se percebe é que os institutos de educação, assim como outros setores sociais, estão passando por intensas crises. Os educandos, em alguns casos,

não reconhecem a importância da educação escolar, porque não se identificam com a mesma. As dificuldades aumentam com a "inabilidade dos professores em dialogar com as turmas, com culturas diversificadas e que se chocam com o modo de pensar dos professores, e ainda o inconformismo diante das más condições de ensino" (LOPES, 2004, p.32).

Em decorrência da complexidade nas relações, pode-se mencionar a violência gerada na escola, "quer sob a forma de depredações contra os prédios, invasões e ameaças a alunos e professores, quer como expressão de situações de medo e insegurança diante de situações externas" (LOPES, 2004, p.13).

Contudo, também se faz relevante destacar, mediante o aprofundamento da proposição de Lopes (2004, p.26), a falta de "escolas de qualidade para a população, áreas de lazer e um ambiente prazeroso para ficar boa parte do dia". Essas questões podem se refletir no atual desinteresse das "crianças e jovens", ainda mais quando as instituições de ensino "não conseguem acompanhar o ritmo do desenvolvimento imposto pelo mundo atual", predominando no ambiente escolar as aulas conhecidas como tradicionais, que se tornam pouco atrativas quando comparadas ao mundo vivenciado por estes jovens (Ibid., p.32).

Como resultado desta compreensão, Erthal (et al., 2005, p.2) sustenta que muitas críticas costumam ser feitas ao currículo de Física do Ensino Médio e talvez "a mais contundente seja o seu desligamento da realidade vivencial do aluno, o que tem resultado em textos e materiais didáticos tão ou ainda mais desligados dessa realidade".

Ainda neste sentido, Valadares (et al., 1997, p.415) identifica que "o ensino básico de Física muito tem a contribuir para uma melhor compreensão de problemas que usualmente são relegados a outras disciplinas, gerando assim uma visão estanque do mundo em que vivemos".

Como se não bastassem essas evidências, o problema se agrava, na disciplina de Física, com a ênfase dada às equações, que em muitos momentos não tem sentido algum para os educandos. Para tanto, Júnior (2002, p.55) define que há várias concepções de ensino de Física, dicotomizando-as em "conceitual e matematizada" onde a conceitual trabalha "a compreensão dos fenômenos físicos através da discussão, do debate e do enfrentamento de posições", já a "matematizada dá ênfase às equações que permeiam a Física" ainda ressalta que "o mais importante, nessa concepção, é a memorização de leis e fórmulas para posterior aplicação na resolução

de problemas". Para o autor, a "utilização de fórmulas matemáticas pode auxiliar a quantificação dos fenômenos, mas que só deve ser utilizada a partir do momento em que os alunos compreenderem os conceitos envolvidos" (JÚNIOR, 2002, p.56).

Contudo, as aulas meramente expositivas nas quais "o professor apresenta definições, ilustra suas idéias e resolve exemplos numéricos e exercícios inócuos são rejeitadas por todo o pesquisador e professor com um grau mínimo de lucidez, sensibilidade e atualização", logo "faz-se necessário produzir atividades para desafiar, desequilibrar cognitivamente o aluno" (SILVA & MARTINS, 1997, p.185).

Para evitar o desinteresse ou mesmo o preconceito nas aulas de Física, que por sua vez pode gerar em obstáculos ainda maiores na aprendizagem, principalmente por parte dos alunos do primeiro ano do Ensino Médio, que iniciam o contato com a disciplina, concordamos com Júnior (2002, p.55) quando nos revela que "o ensino de física, em particular, deve permitir que os alunos, através de atividades propostas durante as aulas, tenham acesso a conceitos, leis, modelos e teorias que expliquem satisfatoriamente o mundo em que vivem permitindo-lhes entender questões fundamentais como a disponibilidade de recursos naturais e os riscos de se utilizar uma determinada tecnologia que poderia ser nociva a algum ecossistema".

Conscientes do contexto das dificuldades citadas anteriormente, procuramos desenvolver, na unidade de aprendizagem com o tema radiação, relações do conhecimento científico com algumas das experiências e das necessidades vivenciadas no cotidiano do educando, estabelecendo critérios e sistematizações para propiciar um ambiente agradável de troca de experiências (veja capítulo 4).

2.3 A Busca pela Interdisciplinaridade com o Apoio dos PCN

O Ministério da Educação, preocupado com a construção de habilidades e engajado para que o ensino faça sentido aos alunos, propõe a "partir da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), de dezembro de 1996" uma reforma educacional (RICARDO & ZYLBERSZTAJN, 2002, p.352). Os mesmos autores destacam que, para auxiliar o professor na "implementação da presente reforma e orientar o trabalho com cada disciplina dentro das suas respectivas áreas, foram elaboradas os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs)", devido a necessidade de atualização da educação brasileira (Ibid., p.352).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais, PCN+, para o ensino médio, dispõem de orientações educacionais complementares para o ensino de Física, onde se procura construir uma visão da Física que esteja voltada para a "formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade" (BRASIL, 1999, p.1).

Seguindo as orientações educacionais, de acordo com os PCN+, a Física deve completar a formação geral do estudante, de maneira que se "após a conclusão do ensino médio não venham a ter mais qualquer contato escolar com o conhecimento em Física, em outras instâncias profissionais ou universitárias, ainda assim terão adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem" (BRASIL, 1999, p.1).

Portanto, o ensino básico deve preparar e qualificar o aluno para sua própria autonomia, independente da escolha profissional ou do prosseguimento dos estudos. Deve-se considerar o fato de que muitos jovens não conseguem completar a sua formação no ensino básico, dentre algumas causas são apontadas "o trabalho, as desigualdades sociais, a linguagem e o professor" (QUEIROZ, 2002, p.2). A mesma autora define que a evasão escolar no "âmbito da educação pública brasileira infelizmente, ainda ocupa até os dias atuais, espaço de relevância no cenário das políticas públicas", logo se deve banir do currículo escolar o ensino propedêutico para o vestibular, pautado pela memorização e pela reprodução de regras (Ibid., 2002, p.1).

Diante dessa realidade, com a valorização da escola e do educando, sob uma perspectiva de Educação Ambiental, buscamos com a unidade de aprendizagem integrar outras ciências como a Biologia, a Química, a Geografia e a História. O tema radiação, por meio da disciplina de Física, possibilitou contextualizar aspectos sobre o cotidiano dos alunos, de maneira que o diálogo com outras ciências foi extremamente importante para efetivar um dos objetivos dessa pesquisa, ou seja, caminhar rumo à interdisciplinaridade.

Neste sentido, os PCN+ oferecem elementos para auxiliar os professores na implementação da contextualização e da interdisciplinaridade na sala de aula, assim é mencionado que as "disciplinas da área de linguagens e códigos e da área de ciências da natureza e matemática devem também tratar de aspectos histórico-geográficos e culturais, ingredientes da área humanista, e, vice-versa", visando melhorar a compreensão do conjunto de fatores que envolvem a realidade. (BRASIL, 2002,

p.16).

Considerando a contribuição das orientações curriculares para o Ensino Médio é definido que, a contextualização como "recurso didático serve para problematizar a realidade vivida pelo aluno" e, a interdisciplinaridade "trata-se da construção de um novo saber a respeito da realidade, recorrendo-se aos saberes disciplinares e explorando ao máximo os limites e as potencialidades de cada área do conhecimento", vale ressaltar que "o quanto será ultrapassado do limite de cada disciplina dependerá do projeto inicialmente elaborado" (BRASIL, 2006, p.52-53).

Segundo Calloni (2006, p.7) "a interdisciplinaridade não é apenas um enfoque consciente da multidisciplinaridade do conhecimento humano, mas um necessário e urgente diálogo entre as disciplinas científicas entre si". Tal compreensão adianta o autor, "ganha na atualidade, cada vez mais interesse e motivação, notadamente por parte dos educadores, no sentido de instaurar, no processo de ensino-aprendizagem, iniciativas pedagógicas que levem em conta as interelações dos saberes como momento privilegiado de reflexão-ação-reflexão na mira da formação de um ser humano integrado e eticamente comprometido com as transformações que envolvem o conjunto da humanidade e do ecossistema planetário" (Ibid., p.7).

Para articular novas práticas pedagógicas, com o enfoque interdisciplinar desejado, desenvolvendo "habilidades em Física", os PCN trazem sugestões de organização de atividades, para serem desenvolvidas em sala de aula, através de "temas estruturadores" (BRASIL, 2002, p.69). Ressaltamos a importância do tema escolhido nesta pesquisa quando encontramos nos PCN o "tema estruturador 5 denominado Matéria e Radiação", que através das suas unidades apresenta uma possibilidade, entre outras, para desenvolver o tópico. A escolha desse tema propicia aos alunos "condições de avaliar riscos e benefícios que decorrem da utilização de diferentes radiações, compreender os recursos de diagnóstico médico (radiografias, tomografias etc.), acompanhar a discussão sobre os problemas relacionados à utilização da energia nuclear ou compreender a importância dos novos materiais e processos utilizados para o desenvolvimento da informática" (BRASIL, 1999, p.28).

Os PCN trazem orientações gerais, com o intuito de auxiliar os educadores a começar a transgredir as barreiras da disciplinaridade, através da contextualização de questões vinculadas a atualidade. No entanto, mesmo com as suas descrições, é um grande desafio efetivar as idéias apresentadas nos PCN, pois "requerem dos

professores, mudanças de visões e de condições onde o ensino se realiza" (CARVALHO et al., 2003, p.61).

Em uma pesquisa realizada, inicialmente, com quarenta professores do Ensino Médio, Carvalho (Ibid., p.7) relata algumas das dificuldades para trabalhar de acordo com as diretrizes, onde destacamos a "falta de sintonia com projetos pedagógicos das escolas, e falta de convergência de visão acerca do documento entre colegas". Ainda, segundo o autor, a "visão disciplinar que todos nós possuímos é a razão para o fato de os professores resistirem tanto à possibilidade de se entregarem ao conhecimento originado em outras áreas" (CARVALHO et al., 2003, p.68).

Em concordância com as idéias propostas, evidenciamos que a consolidação da unidade de aprendizagem consistiu em um grande desafio, pois atuamos por caminhos próprios, buscando o diferencial, evitando roteiros ou as chamadas receitas elaboradas e acabadas. O processo foi dinâmico, intenso e estimulador, visto que aprendemos de forma descontextualizada, fragmentada e talvez, sem percebermos, por praticidade ou ainda por ingenuidade, acabamos reproduzindo da mesma forma quando estamos no exercício de nossas ações docentes.

2.4 A Busca pela Aprendizagem Significativa

Percebendo que a disciplina de Física, ministrada na escola, pode contribuir para o entendimento de questões relacionadas às radiações, no cotidiano da sociedade, elaboramos uma proposta pedagógica com este tema. E, para a concretização da mesma, desenvolvemos pesquisas nos livros didáticos, da disciplina de Física do Ensino Médio, com intuito de nos aproximar do que atualmente poderia estar sendo trabalhado em sala de aula.

No entanto, inicialmente nos deparamos com a primeira dificuldade, visto que os livros de ensino de Física pouco têm abordado sobre o tópico, e quando o fazem enfatizam os conceitos de forma isolada, sem intensidade ao relacionar com a prática cotidiana, ao menos não da forma como esperávamos, ou seja, visando na metodologia uma educação significativa para o educando, enfatizando as relações entre os prejuízos e os benefícios da radiação. Os livros usados, neste processo, foram Antônio Máximo Beatriz Alvarenga – São Paulo: Scipione, 1997, Paraná – São Paulo: Ática, 2001, Regina Azenha Bonjorno – São Paulo: FTD, 2001.

Para possibilitar um maior envolvimento do aluno com o tema a ser estudado, não poderíamos trabalhar apenas com o conteúdo apresentado nos livros didáticos e tampouco ignorar as suas idéias previamente construídas, veja capítulo 2 seção 2.5. Desta forma, iniciamos a coleta de dados através de um questionário (veja capítulo 3 seção 3.3.1), onde procuramos nos aproximar de algumas das idéias iniciais apresentadas pelos alunos.

Segundo Moreira (2000 Apud MOREIRA & MASINI, 1982, p.3), a aprendizagem significativa "caracteriza-se pela interação entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio". Nesse processo, o novo conhecimento adquire significados para o aprendiz e o conhecimento prévio "fica mais rico, mais diferenciado, mais elaborado em termos de significados, e adquire mais estabilidade". Assim, o conteúdo previamente construído pelo indivíduo representa um forte influenciador do processo de aprendizagem.

A aprendizagem é dita significativa, na teoria de Ausubel (Apud MOREIRA, 1988, p.5), quando "uma nova informação adquire significados para o aprendiz através de uma espécie de ancoragem em aspectos relevantes da estrutura cognitiva preexistente do indivíduo, em conceitos, idéias, proposições já existentes em sua estrutura de conhecimentos (ou de significados) com determinado grau de clareza, estabilidade e diferenciação".

Nesta abordagem há uma interação "entre o novo conhecimento e o já existente, na qual ambos se modificam. À medida que o conhecimento prévio serve de base para a atribuição de significados à nova informação, ele também se modifica, adquirindo novos significados, se tornando mais diferenciados, mais estáveis" (Ibid., p.5). A estrutura cognitiva está constantemente se reestruturando durante a aprendizagem significativa.

O processo é dinâmico e as interpretações vão sendo construídas e reconstruídas, onde o novo conhecimento nunca é "internalizado de maneira literal, porque no momento em que passa a ter significado para o aprendiz entra em cena o componente idiossincrático da significação". Aprender significativamente "implica atribuir significados e estes têm sempre componentes pessoais" (MOREIRA, 1988, p.5).

Outro fator de extrema relevância para efetivar uma aprendizagem significativa é o envolvimento do aluno com o tema a ser estudado, ou seja, a sua predisposição para aprender. É preciso resgatar o seu interesse, o professor deve estar disposto a

inovar os recursos pedagógicos para tornar as aulas mais estimulantes e desafiadoras, caso contrário, se "o indivíduo quiser memorizar o conteúdo arbitrária e literalmente, então a aprendizagem será mecânica" (PELIZZARI et al., 2002, p.38).

Para Ausubel (Apud MOREIRA & MASINI, 1982, p.9), a aprendizagem mecânica é definida como sendo "a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma associação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva", o que favorece a memorização, por exemplo, "de fórmulas, leis e conceitos, em Física".

Contudo, outra vez ressaltamos a importância de conhecer as idéias dos alunos, para agregar à sua estrutura cognitiva as novas informações contextualizadas com o cotidiano, minimizando o esforço e o tempo para ampliar esses novos conhecimentos.

A aprendizagem deve ser "cada vez mais significativa, o conhecimento conceitual mais transparente e o ensino escolar mais educativo e não apenas ou quase apenas informativo" (VALADARES & FONSECA, 2003, p.79). O educador deve auxiliar a "construir, modificar e integrar idéias" para que o aluno tenha a "oportunidade de interagir com outras pessoas, com objetos e situações" (Ibid., p.79).

Logo, durante o desenvolvimento da unidade de aprendizagem, promovemos questionamentos sobre o tema em estudo, propiciando ao educando expressar o seu entendimento, sob a forma de relato escrito. Ainda segundo o autor, a aprendizagem é significativa "quando novos conhecimentos passam a significar algo para o aprendiz, quando ele ou ela é capaz de explicar situações com suas próprias palavras, quando é capaz de resolver problemas novos, enfim, quando compreende" (MOREIRA, 2003 p.2).

Conforme o exposto, identificando algumas das estruturas conceituais dos educandos, aumenta a possibilidade de reconstruir as idéias iniciais, principalmente quando não estão em concordância com os conceitos científicos, propiciando dessa forma uma melhor compreensão dos fenômenos da atualidade.

2.5 As Idéias dos Alunos e a Formação de Conceitos

A constante mobilização que nos faz pesquisar e qualificar alternativas para trabalhar com o ensino de Física, de forma mais estimulante e eficaz para o

educando, também nos permitiu buscar conhecer algumas das idéias dos alunos sobre o tema radiação, que foi desenvolvido na unidade de aprendizagem.

O que denominamos idéias dos alunos, por se tratar apenas de uma sondagem inicial, verificada com um pequeno grupo, para alguns autores (POZO, 1998; GIORDAN & VECCHI, 1996; ASFOLFI & DELEVAY, 1990; BACHELARD, 1977; DELIZOICOV, 2001; entre outros), essa iniciativa é caracterizada pelo estudo das concepções prévias, que podem também ser conhecidas, por exemplo, concepções intuitivas, concepções espontâneas, concepções alternativas e, concepções de senso comum dos estudantes.

Após essas breves referências, é interessante mencionar o posicionamento dos autores Giordan & Vecchi (1996, p.89) para o significado de concepção que "se trata, num primeiro nível, de um conjunto de idéias coordenadas e imagens coerentes, explicativas, utilizadas pelos aprendentes para raciocinar ante situações-problemas, mas sobretudo põe em evidência a idéia de que esse conjunto traduz uma estrutura mental subjacente responsável por essas manifestações conceituais". Os mesmos autores ainda definem o termo constructo, que "ressalta a idéia de elemento motor que entra na construção de um saber e até permite transformações necessárias" (Ibid., p.89). Essas idéias previamente construídas podem ser encontradas em estudantes de qualquer nível de escolaridade, lembrando que em nossa pesquisa trabalhamos com alunos do ensino médio.

Sendo assim, podemos constatar que tão importante quanto conhecer as idéias dos alunos, ao expressarem seus conhecimentos, é também identificar as falhas conceituais, ou seja, as compreensões equivocadas. E, interferir nessas elaborações de forma a reorganizar as idéias dos aprendentes, buscando as transformações necessárias, para efetivar a aprendizagem científica, capaz de melhorar a compreensão do cotidiano e conseqüentemente proporcionar mais autonomia aos indivíduos.

Nesse contexto, Peduzzi (2001, p.53) destaca que "muitas pesquisas têm indicado que os modelos que os indivíduos usam para explicar os fenômenos físicos do cotidiano vão desenvolvendo-se desde a infância, não sendo originados, portanto, exclusivamente de seu aprendizado escolar". Ainda, segundo Bachelard (1977, p.150) o estudante apresenta conhecimentos construídos decorrentes de sua interação com o meio social e a escola vai auxiliar o estudante a "derrubar os obstáculos já amontoados pela vida cotidiana".

Desta forma, entendemos que o desafio para o professor está em promover uma mudança conceitual, ou seja, transformar os conhecimentos iniciais, quando equivocados, em um conhecimento aceito cientificamente. Para Galiazzi (et al., 2004, p.74) "conseguir que os alunos explicitem seu conhecimento é uma aprendizagem a ser perseguida pelos professores".

Conforme mencionamos no capítulo 2, seção 2.4, segundo a teoria de Ausubel, a aprendizagem significativa caracteriza-se pela interação entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio. Com isto, Moreira & Masini (1982, p.8) esclarecem a definição de "subsunçores" que, para Ausubel, são os conhecimentos que "existem na estrutura cognitiva do aluno" e que servirão para compreender as novas informações. De maneira que, o "processo de ancoragem da nova informação resulta em crescimento e modificação do conceito subsunçor" (Ibid., p.8). Sucessivamente, na medida em que esses novos conceitos são aprendidos, significativamente, os mesmos se apresentam como os próximos "subsunçores" para as futuras aprendizagens.

Muitas vezes, "as concepções erradas podem ser muito resistentes à reestruturação" e, por sua vez, acabam dificultando o aprendizado formal, constituído em sala de aula. Dessa forma, "a interação social e, mais especificamente, a instrução" são caminhos importantes apontados para que ocorra a aprendizagem dos conceitos (POZO, 1998, p.190 e 191). Como decorrência desta compreensão, o mesmo autor menciona a teoria da aprendizagem de Vygotsky, onde o homem desenvolve-se na sua relação com o meio sociocultural através de "mediadores" que são "instrumentos que transformam a realidade", ou seja, um instrumento é uma espécie de "ferramenta" capaz de provocar mudanças em seu meio (POZO, 1998, p.194).

Podemos então definir que a escola, através do ensino, deve valorizar as interações sociais, propiciar instrumentos mediadores para promover a mudança conceitual e estimular o desenvolvimento cognitivo dos alunos. Portanto, para Vygotsky (Apud MINGUET, 1998, p.122), a "aprendizagem vai transformando-se em desenvolvimento" e os conceitos científicos adquiridos "no âmbito da instrução e provocados por causas diversas", são considerados como "os verdadeiros conceitos". Contudo, Minguet (1998, p.168) ressalta que, é "fundamental delimitar o que os alunos já sabem para determinar seus conhecimentos prévios e suas construções pessoais".

Ainda na perspectiva Vygotskiana, o educador, como membro da instituição escolar, pode ser considerado um mediador e desempenha “um papel importante na formação dos conceitos de um modo geral e dos científicos em particular” (REGO, 1995, p.79). E, o bom ensino que pode ser caracterizado pela qualidade do trabalho pedagógico “está associado à capacidade de promoção de avanços no desenvolvimento do aluno” (Ibid., p.106).

Assim, a aprendizagem não pode ser caracterizada apenas como uma mudança conceitual, mas sugere mudança de atitudes, efetiva participação com uma opinião mais critica. Concordamos com Astolfi & Develay (1990, p.26) quando definem que a função do ensino científico é “dar aos alunos chaves essenciais permitindo-lhes responder a questões científicas e técnicas em sua vida cotidiana”.

2.6 Física das Radiações

As radiações fazem parte do nosso mundo desde a sua criação. No início, as elevadas taxas de exposição a estas radiações eram “incompatíveis com a vida” e, com o passar do tempo, os “átomos radioativos foram evoluindo para configurações cada vez mais estáveis com a liberação do excesso de energia” (NOUAILHETAS, 2003, p.3).

Através da produção do conhecimento científico, esta forma de energia vem sendo utilizada em diversas tecnologias beneficiando a sociedade, quando utilizada com os cuidados necessários. Mas, para grande parte da população as propriedades das radiações são desconhecidas, visto suas características peculiares, principalmente porque, a radiação ionizante, é “invisível, inaudível, inodora, insípida e intocável” pelo ser humano, sem o uso de equipamentos especiais, ela “pode ser considerada o verdadeiro fantasmas da era moderna” (OKUNO, 1988, p.41).

2.6.1 Estrutura da matéria

De acordo com a estrutura da matéria, todos os corpos existentes no universo são resultados da combinação de átomos de diferentes elementos químicos que, por sua vez, constituem as moléculas que organizadas integram sistemas cada vez mais complexos.

Os átomos são compostos por partículas menores onde, no seu núcleo, localizam-se os prótons com carga elétrica positiva e os nêutrons sem carga elétrica

e, ao redor do núcleo, em camadas, estão distribuídos os elétrons com carga elétrica negativa. Em função destas combinações, os átomos adquirem propriedades bem definidas, que permitem identificar cada um dos elementos químicos cujos símbolos estão dispostos na tabela periódica.

A relação entre as cargas positivas e negativas resulta na estrutura eletricamente estável do átomo. Cada elemento tem um número específico de prótons no núcleo, mas o número de nêutrons pode variar, são os chamados "isótopos" (OKUNO, 1988, p.14).

O isótopo que estiver numa configuração instável, com muita energia proveniente do excesso de prótons ou de nêutrons, é considerado um radioisótopo, ou seja, um isótopo radioativo que emitirá radiação nuclear para atingir uma estrutura estável de energia. As radiações também podem ser produzidas por fontes artificiais, por exemplo, o tubo de RX que será discutido no capítulo 2, seção 2.6.3.6.

Conceitualmente, então podemos dizer que, a radiação é o transporte de "energia emitida por uma fonte, e que se propaga de um ponto a outro sob a forma de partículas com ou sem carga elétrica, ou ainda sob a forma de ondas eletromagnéticas, no espaço ou em um meio material qualquer" (SCAFF, 2002, p.10).

Na busca pela estabilidade, conforme a figura abaixo, o átomo pode liberar o excesso de energia através das radiações alfa, beta e da radiação gama.

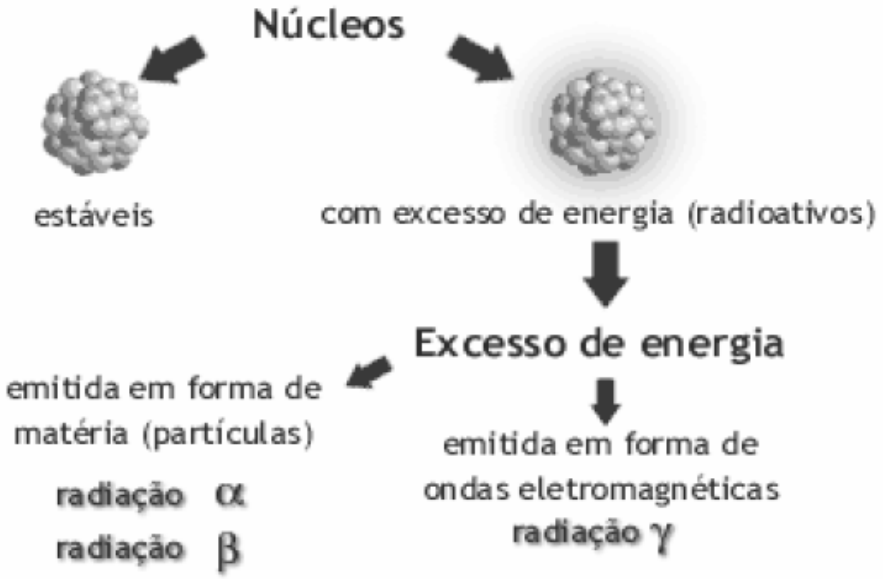


Figura 01 – Núcleos estáveis e instáveis com a liberação do excesso de energia.
Fonte: http://www.cnen.gov.br/ensino/apostilas/radio.pdf

A radiação alfa ou partícula alfa (α), emitida pelo núcleo, é constituída por dois prótons e dois nêutrons, formando um núcleo de hélio (^4He) com carga elétrica positiva. A radiação beta ou partícula beta (β), outra forma de estabilização, pode ocorrer através da emissão de uma partícula beta negativa (β^-), um elétron, resultante da conversão de um nêutron em um próton. E, no caso de existir excesso de cargas positivas, prótons, é emitida uma partícula beta positiva (β^+), chamada pósitron, resultante da conversão de um próton em um nêutron.

Geralmente, após a emissão de uma partícula alfa (α) ou beta (β), o núcleo resultante desse processo, ainda com excesso de energia, procura estabilizar-se, emitindo esse excesso em forma de radiação gama (γ) que, diferentemente das partículas alfa e beta, são ondas eletromagnéticas que não possuem carga elétrica e massa.

2.6.2 Radiações Eletromagnéticas

Uma carga elétrica quando colocada em oscilação, acelerada ou desacelerada, emite uma onda eletromagnética, isto é, "campos elétricos (E) e campos magnéticos (B) oscilantes perpendiculares entre si, que se propagam no vácuo com velocidade constante, igual a espaço 300.000 km/s", que é a velocidade da luz, para qualquer valor de sua energia. A radiação, sob a forma de ondas eletromagnéticas, "transporta energia ao se propagar e quando encontra objetos pode transferir energia a eles" (OKUNO et al., 2005, p.8).

As ondas eletromagnéticas diferem entre si pelo valor do comprimento de onda e da freqüência, desta forma cada onda recebe uma denominação especial.

O comprimento de onda, usualmente representado pela letra grega λ (lambda), é a "distância entre a crista de uma onda e a crista da próxima onda" (SCAFF, 2002, p.12).

Então, o λ representa a distância entre duas cristas, pontos que estão em seu afastamento máximo para cima, ou entre dois vales, pontos que se encontram em afastamento máximo para baixo. Para medir o comprimento de onda da radiação é usada a "unidade nanômetros, abreviada nm, onde: $1nm = 10^{-9}m$" (OKUNO et al., 2005, p.10).

Scaff (Ibid., p.12) também define que, a freqüência (ν) "é o número de vibrações executadas pela onda, a cada segundo". O valor da freqüência é sempre

igual à freqüência da fonte que deu origem à onda e sua unidade no SI (sistema internacional) é chamada de Hertz (Hz), em homenagem ao cientista alemão Heinrich Hertz que demonstrou a existência das ondas de rádio, "onde 1 Hz = 1 vibração por segundo" (SCAFF, 2002, p.12).

A energia de uma onda eletromagnética é "diretamente proporcional à freqüência da onda", ou seja, quanto maior a freqüência da onda maior será sua energia (OKUNO, 1988, p.17). Porém, o comprimento de onda é inversamente proporcional à energia da onda, de forma que a distância entre duas cristas adjacentes diminui à medida que a freqüência da onda aumenta o que pode ser demonstrado na figura abaixo.

2.6.3 Espectro Eletromagnético

Atualmente, são conhecidos vários tipos de ondas eletromagnéticas geradas por cargas elétricas em oscilação, ou seja, todas essas ondas têm a mesma natureza.

O espectro eletromagnético corresponde ao conjunto dessas radiações que devido às diferentes freqüências possuem denominações específicas e ocupam uma determinada posição ou seqüência.

Das radiações que fazem parte do espectro eletromagnético, "a radiação infravermelha foi a primeira a ser descoberta, em 1880, depois da luz. A seguir foram descobertas a radiação ultravioleta, em 1881, as ondas de rádio, em 1888, a radiação X, em 1895, a radiação gama, em 1900, e as microondas, em 1932" (OKUNO et al., 2005, p.9).

A figura 02 representa o espectro eletromagnético com as faixas de freqüência, dispostas em sua ordem crescente, onde começam pelas ondas de rádio e terminam nos raios gama, e os respectivos valores dos comprimentos de onda.

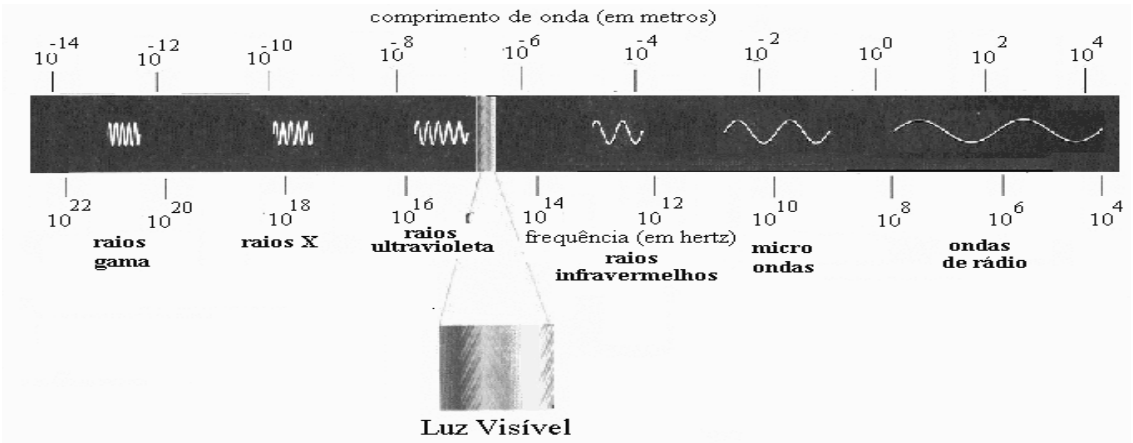


Figura 02 – Freqüência e comprimento de onda das radiações.

Fonte: http://educar.sc.usp.br/otica/espectro.gif

Importante ressaltar que, durante o desenvolvimento desta pesquisa, foi aplicada uma unidade de aprendizagem, envolvendo atividades, que abordaram os raios ultravioletas, os raios-X e os raios gama. Seria interessante, neste trabalho, desenvolver atividades abrangendo todas as radiações que compõem o espectro eletromagnético, porém não foi possível visto a indisponibilidade de tempo e os objetivos principais.

Na próxima seção, vamos apresentar algumas características e aplicações das radiações que compõem o espectro eletromagnético, de forma que nosso foco principal são as radiações que fizeram parte da unidade de aprendizagem.

2.6.3.1 Ondas de Rádio

Ondas de rádio é a denominação dada às ondas eletromagnéticas com freqüências muito pequenas. As ondas de rádio são geradas pela "passagem de corrente elétrica alternada por um condutor, que se propagam através de antenas e, sintonizando um rádio receptor, numa determinada, freqüência é possível receber um sinal específico" (SCAFF, 2002, p.21). Estes osciladores eletrônicos são instalados, geralmente, em um lugar alto, para atingir uma maior região.

De acordo com a figura 02, a freqüência das ondas de rádio é menor que 300 MHz onde, M (mega) = 10^6, e apresentam comprimentos de ondas maiores que 1 m.

Estas ondas são utilizadas principalmente em telecomunicação incluindo as estações de TV, rádios de ondas curtas, telefones celulares, telefones sem fio e as próprias bandas de rádios AM e FM.

2.6.3.2 Microondas

As microondas apresentam freqüências maiores que as de radiotransmissão, estando, neste caso, compreendidas entre 300 GHz a 300 MHz, onde G (giga) = 10^9 e apresentam comprimentos de ondas maiores entre 1 mm (milímetro) e 1 m (metro).

Essa faixa de radiação é muito utilizada para funcionamento de um radar, "equipamento que emite radiação eletromagnética e detecta, de volta, a radiação refletida por um objeto, permitindo obter informações do tamanho, distância, velocidade, etc. desse objeto" (SCAFF, 2002, p.26). Os principais tipos de radares servem para a detecção de aeronaves em vôo no controle do tráfego aéreo; para uso

militar; para abrir e fechar portas automáticas e para a detecção de velocidades de veículos.

Outra importante aplicação dessa radiação são os fornos de microondas, utilizados nas nossas cozinhas, para aquecer e cozinhar os alimentos. Conforme Scaff (2002, p.28), as ondas com este comprimento "são absorvidas pela água, gordura e pelos açúcares, e convertidas em movimento das moléculas, causando o calor".

2.6.3.3 Infravermelho

São ondas eletromagnéticas com freqüências superiores às microondas e inferiores à da luz vermelha, corresponde as oscilações de 300 GHz a 400 THz onde, T (tera) = 10^{12} e P (peta) = 10^{15}, apresentam comprimentos de ondas entre 1mm e 780 nm.

Embora invisível, a radiação infravermelha pode ser percebida por suas propriedades de aquecimento, pois ao interagir com a matéria, provoca vibrações das moléculas resultando no aumento de temperatura do sistema.

Essa radiação é emitida por qualquer objeto, a uma determinada temperatura, sendo a emissão tanto mais intensa quanto mais quente estiver o objeto. Assim, de acordo com Scaff (2002, p.37), também é conhecida por "radiação de calor".

A radiação infravermelha (RIV) é dividida em três faixas espectrais, que diferem entre si, de acordo com a freqüência e, conseqüentemente, promovem diferentes efeitos na absorção pela matéria. A autora Okuno (et al., 2005, p.12) apresenta as subdivisões da RIV de acordo as freqüências e os comprimentos, respectivamente, onde:

- IVA próximo da luz visível (385 THz – 214 THz) e (780 nm – 1,4 μm);
- IVB médio (214 THz – 100 THz) e (1,4 μm – 3,0 μm);
- IVC distante da luz visível (100 THz – 300 GHz) e (3,0 μm – 1 nm);

Em nosso cotidiano é comum o uso do infravermelho, por exemplo, em controle remotos, que são aparelhos usados para controlarmos, a uma certa distância, equipamentos como televisores, sistemas de som. São também usados em portas automáticas como a dos elevadores, portas de automóveis, alarmes, binóculos e câmeras de visualização noturna, além do uso na medicina em tratamentos de fisioterapia, onde o aquecimento dos músculos e tecidos contundidos faz aumentar a circulação, reduzindo o tempo de recuperação das lesões.

2.6.3.4 Luz Visível

A luz visível, também conhecida por radiação visível, corresponde à parte do espectro eletromagnético com freqüências menores que os raios ultravioletas e maiores que os raios infravermelhos. Desta forma, respectivamente, apresenta aproximadamente a faixa dos 700 THz aos 400 THz.

Essa radiação é capaz de estimular nossa visão, ou seja, ao incidir no olho humano provoca estímulos, onde é possível definir os objetos e as cores. Os outros tipos de radiação não sensibilizam nosso sistema visual, assim se tornam invisíveis.

As diversas cores, que fazem parte do conjunto da luz visível, são diferenciadas de acordo com sua freqüência e, quando todas estão juntas, formam o espectro da luz branca, por exemplo, a luz emitida pelo sol.

No espectro eletromagnético, conforme a figura abaixo, as cores apresentam-se dispostas, de acordo com o valor crescente da freqüência, na seguinte ordem: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e violeta.

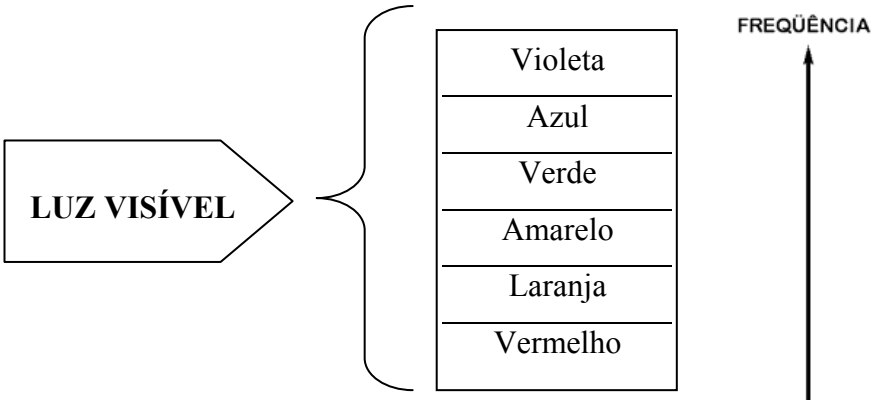


Figura 03 – Espectro da luz visível com valores crescente de freqüência.

Portanto, a cor vermelha corresponde à menor freqüência visível e a cor violeta, à maior dessas freqüências.

2.6.3.5 Raios Ultravioletas

A radiação ultravioleta (RUV) está localizada no espectro eletromagnético logo após a luz visível, mais precisamente após a luz violeta, e subdivide-se em três intervalos: UVA, UVB, UVC.

Os intervalos da RUV se diferenciam de acordo com a freqüência e com o comprimento de onda onde, respectivamente, segundo as autoras Okuno & Vilela (2005, p.12), assumem os seguintes valores:

- UVC (3 PHz – 1,07 PHz) e (100 nm – 280 nm)
- UVB (1,07 PHz – 0,952 PHz) e (280 nm – 315 nm)
- UVA (0,952 PHz – 0,75 PHz) e (315 nm – 400 nm)

Conforme a mesma autora (Ibid., p.12), a radiação UVC, também conhecida como "radiação germicida por ser capaz de destruir germes", é a que tem maior freqüência e menor comprimento de onda, portanto é a faixa mais energética. Mas, esta radiação é absorvida pela camada de ozônio e não atingem a Terra.

A radiação UVB, também conhecida como "conhecida por luz erimatogênica por causar eritema que é a queimadura da pele", penetra superficialmente a pele e é o principal responsável pelas alterações celulares que predispõem ao câncer de pele, sua incidência aumenta muito no verão, especialmente nos horários entre 10 e 16 horas.

A radiação UVA, também chamada de "luz negra por apresentar um efeito fluorescente em objetos brancos", apresenta a menor freqüência e, conseqüentemente, o maior comprimento de onda, ocupando a maior parte do espectro ultravioleta (OKUNO et al., 2005, p.20). A radiação UVA é praticamente constante durante todo o ano e ao longo do dia, atingindo a pele com a mesma intensidade, tanto no inverno quanto no verão, sendo responsável pelo envelhecimento precoce e também pelo surgimento do câncer de pele.

O Sol que "emite energia em, praticamente, todos os comprimentos de onda do espectro eletromagnético" é a principal fonte natural radiação ultravioleta, correspondendo a "7% dessa energia" (CPTEC/INPE). As fontes artificiais mais comuns são as lâmpadas de mercúrio que "são usadas, por exemplo, em hospitais, para fins de esterilização, ou ainda em clínicas de bronzeamento artificial" (OKUNO et al., 2005, p.34).

Diariamente estamos em contato com a radiação solar e algumas pessoas, devido as suas atividades profissionais, se expõem por longos períodos, assim como outras se expõem por lazer ou mesmo com o único propósito de bronzear-se.

A RUV pode apresentar efeitos benéficos no tratamento de doenças como "lupus vulgaris, uma espécie de tuberculose da pele, úlcera varicosa, feridas de difícil cura" (OKUNO et al., 2005, p. 4), psoríase, vitiligo e também ajuda na síntese da

vitamina D_3. No entanto, pode causar graves prejuízos à saúde se o nível de RUV "exceder os limites a partir dos quais os mecanismos de defesa, inerentes a cada espécie, se tornam ineficazes" (VANICEK et al., 2000, p.5).

Diversos efeitos nocivos podem ser causados pelo excesso de exposição à radiação solar UV, e as reações na pele humana podem ser classificadas como agudas, também conhecidas por efeito imediato, ou crônicas, também conhecidas por efeito tardio. As reações agudas são as que ocorrem imediatamente após a exposição ao Sol como: queimaduras e bronzeamento. Enquanto que as reações crônicas se desenvolvem em longo prazo, devido ao efeito cumulativo da radiação durante a vida, causando a catarata, o envelhecimento cutâneo e as alterações celulares que, através de mutações genéticas, predispõem ao câncer da pele.

Esses raios, por apresentarem danos à saúde, têm sido alvo de muita pesquisa por órgãos como a Sociedade Brasileira de Dermatologia (SBD), o Instituto Nacional de Câncer (INCA), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) entre outros, no intuito de alertar a população e promover, através de campanhas educativas, a prevenção do câncer de pele. Mas, essas iniciativas, veiculadas através da mídia, não estão sendo suficientes, pois a cada ano aumenta o número de novos casos de doenças da pele.

Segundo a Sociedade Brasileira de Dermatologia, na campanha nacional de combate ao câncer, realizada gratuitamente em novembro de 2007, foram examinadas "em todo o Brasil 31.429 pessoas", onde foi revelado que "10% dos pacientes estavam com algum tipo de câncer de pele e que 67,7% dos brasileiros se expõem ao Sol sem proteção". Neste grupo, foi constatado que "apesar de as mulheres terem comparecido em maior número (62,5%), foram os homens que mais receberam o diagnóstico de câncer de pele (13,1% para 8,1% das mulheres)".

Esta campanha, em sua nona edição, aconteceu em 23 estados brasileiros e, no Estado do Rio Grande do Sul, foram atendidos "1.893 pacientes, dos quais 37% eram homens e 63% mulheres". Mesmo neste estado, predominando uma população de "pele branca (86,9%)" e, portanto, mais vulnerável à influência da RUV, o que demanda maiores cuidados, os dados da SBD mostram que apenas "35,9% dos pacientes examinados usam proteção ao se expor ao Sol, enquanto que 58,7% ainda não possuem este hábito e, 5,4% não se expõem ao Sol".

Ainda nesta perspectiva, as estimativas para o ano de 2008, válidas também para o ano de 2009, apontam que ocorrerão 466.730 novos casos de câncer no Brasil

onde, são esperados “115 mil casos novos para o câncer de pele, do tipo não melanoma onde, 55.890 entre homens e de 59.120 nas mulheres” INCA, 2007, p.37). Esses valores correspondem a um risco estimado de “59 casos novos a cada 100 mil homens e de 61 para cada 100 mil mulheres” (Ibid., p.37).

Estes dados evidenciam que o câncer de pele, do tipo não melanoma, ou seja, um tipo de carcinoma menos agressivo que não tem origem nos melanócitos (células produtoras de melanina, substância que determina a cor da pele) será o mais incidente na população brasileira, predominando na região Sul.

Enfatizamos que um dos principais fatores de risco para o surgimento de doenças de pele, incluindo todos os tipos de câncer, ocorre devido à exposição excessiva a RUV do Sol. Diante desta realidade, é necessário ampliar o desenvolvimento de ações preventivas, buscando uma educação em saúde, o que requer iniciativas simples como: auto-exame da pele; detecção precoce de novas manchas e sinais; evitar a RUV principalmente no período das 10h às 16h, quando a incidência dos raios solares é maior na Terra; estar atento ao índice UV, que é uma medida diária da intensidade da radiação; utilizar proteção como chapéu, guarda-sol, óculos com lentes que impedem a passagem da RUV e filtros solares. E, no momento em que for percebida qualquer mudança na pele, deve-se procurar um dermatologista, pois as alterações, quando detectadas em estágios iniciais, são mais susceptíveis à cura.

Porém, estas atitudes, de prevenção e detecção precoce, exigem da população um conhecimento básico sobre a RUV e consciência para colocar em prática estes conhecimentos, o que muitas vezes não ocorre. Os meios de comunicação, no que se refere à divulgação de informações sobre a RUV e sua influência sobre o câncer de pele, têm sido um grande aliado da população, pois desenvolvem um papel muito importante alertando a sociedade.

De maneira satisfatória, foi constatada na campanha nacional de controle do câncer da pele da SBD, em 2007, que a população do Estado do Rio Grande do Sul foi motivada a procurar o programa para fazer o exame, principalmente através dos meios de comunicação, como segue na tabela abaixo:

O que motivou o exame		
TV	730	37,6%
Rádio	264	13,6%
Cartaz / Panfleto	111	5,7%
Palestras	9	0,5%
Jornal	319	16,4%
Amigos/ Vizinhos/ Família	275	14,1%
Outros	236	12,1%
Total	1944	100,0%

Nota: Os 1.893 pacientes podiam citar mais que 1 motivo.

Tabela 01 – Índices motivadores da população.

Fonte: http://www.sbd.org.br/publico/cancer/estatisticas.aspx

A televisão (TV) e o jornal são apontados como os principais incentivadores da população e, logo após, em terceiro lugar, aparecem os amigos, vizinhos e família, totalizando 68,1%.

Mas, é preciso estar atento para as informações veiculadas na mídia, em relação à divulgação da RUV, visto que estas são mais expressivas no Verão, o que pode nos induzir equivocadamente a compreender que nas outras estações do ano a exposição ao Sol, sem a devida precaução, não causa danos à pele e, como mencionado anteriormente a RUVA é constante em todo ano.

Atualmente, os meios de comunicação como TV, rádio, jornal, internet entre outros, são de fácil acesso para grande parte da população e levam informações diárias de maneira rápida aos lugares mais distantes dos grandes centros. Estes meios de educação informal são importantes, mas não desenvolvem uma sistematização dos conceitos que fazem parte das notícias.

Com a necessidade de novas perspectivas para conscientizar a população contra os efeitos nocivos da RUV proveniente do Sol e de fontes artificiais, é necessário o envolvimento de outros setores, como as instituições de ensino que, no âmbito escolar, são as responsáveis pela sistematização dos conceitos, pelo desenvolvimento do conhecimento científico, com atividades didáticas. Este diferencial pode contribuir significativamente e se refletir em atitudes mais coerentes para uma vida saudável.

A escola deve auxiliar os educandos a reconhecer os mitos e as verdades sobre as radiações, pois somos bombardeados por diversas informações que podem acabar nos prejudicando. Por exemplo, para muitas pessoas, estar bronzeado é sinal de saúde e de beleza, enquanto que na verdade o bronzeamento é uma defesa do organismo que, com o "aumento da pigmentação da pele, devido as alterações nos melanócitos, células que produzem a melanina, pela exposição à RUV", vai se preparando contra futuros danos biológicos causados pela RUV (OKUNO et al., 2005, p.45).

Em busca de uma pele bronzeada se torna comum o uso do bronzeamento artificial onde a exposição a lâmpadas, principalmente, de RUVA e de RUVB podem emitir "doses mais altas que a radiação proveniente do Sol", prejudicando intensamente a pele (CPTEC/INPE). Para possibilitar mudanças neste tipo de comportamento é necessário um processo educativo, que deve ter o apoio da escola.

O ensino formal pode auxiliar as crianças e os adolescentes a desenvolverem uma visão crítica e menos influenciável por uma sociedade que preza o consumo, desrespeitando a própria saúde física, para chegar aos padrões de beleza estabelecidos.

Conforme Corrêa (2004, p.3), "as escolas australianas exigem o uso de bonés e protetores solares durante os períodos de recreio, e durante o verão os horários de lazer são alterados para períodos de menor insolação. Áreas públicas de lazer, como piscinas e parques, tiveram um aumento significativo de locais sombreadas".

Adotando políticas públicas eficazes, na busca por ações preventivas, torna-se essencial a união do governo, dos setores privados, da mídia e das instituições de ensino. Esta medida vai se refletir em melhores estimativas para a sociedade.

2.6.3.6 Raios-X

Localizados no espectro eletromagnético logo após a radiação ultravioleta, os raios-X apresentam freqüências extremamente elevadas, em torno de 10^{19} Hz, e possuem muita energia.

Os raios-X foram descobertos inesperadamente, em novembro 1895, por Wilhelm Conrad Roentgen, na época professor de Física da Universidade de Würzburg na Amanhã.

Roentgen estava fazendo experiências em seu laboratório com "raios catódicos", feixe de elétrons, em tubos de vidros onde se fazia vácuo, para os

elétrons não perderem energia no seu caminho. Esse tubo também conhecido por "tubo de Crookes", em homenagem ao químico inglês William Crookes, era constituído de duas placas metálicas ligadas a uma fonte de tensão elétrica (MARTINS, 1998, p.375). A placa ligada ao pólo negativo é chamada de catodo e a outra, ligada ao pólo positivo, é o anodo.

Através de uma diferença de potencial (ddp), os elétrons liberados do catodo eram fortemente atraídos pelo o anodo que possuía um furo no seu centro. O orifício do anodo permitiu os elétrons colidirem no anteparo do tubo catódico que estava revestido com uma substância fluorescente. Neste momento, Roentgen percebeu o aparecimento de um brilho no tubo e mais surpreso ficou, quando viu que o mesmo brilho atingia uma placa de vidro, coberta com "platino cianeto de bário", que estava a pouca distância do tubo (MARTINS, 1998, p.3). O fenômeno se repetiu mesmo quando o tubo foi coberto com papel preto.

Roentgen fez diversos testes colocando, entre o tubo e a placa de vidro, objetos com características e espessuras diferentes, inclusive sua mão, constatando que a placa continuava luminescendo. A estes raios desconhecidos, mas muito potentes, foi dado o nome de raios-X, posteriormente também chamados por raios roentgen.

Com a existência deste novo fenômeno, que ainda não havia sido registrado por nenhum pesquisador, Roentgen concluiu que os raios "podiam até atravessar corpos humanos e sensibilizar filmes fotográficos" e, passados "45 dias", após a incrível descoberta, "Roentgen tirou a primeira radiografia, que foi a mão de sua esposa, expondo-a durante 15 minutos" (OKUNO, 1988, p.6).

Próximo ao de Natal de 1895, "quando se sentiu seguro com relação às principais propriedades dos novos raios, Roentgen redigiu seu primeiro artigo e, em poucos dias o seu trabalho já estava sendo lido e comentado em todas as sociedades científicas" (MARTINS, 1998, p.379). Em 1901, Roentgen foi recompensado recebendo o primeiro Prêmio Nobel em Física por sua fascinante descoberta.

Depois das observações e verificações de Roentgen, foi definido que os raios-X são produzidos quando um filamento de tungstênio em forma de espiral, colocado no catodo, é aquecido através de uma corrente elétrica e libera um feixe de elétrons. Esses elétrons, produzidos por emissão termoiônica, são acelerados quando se estabelece uma alta tensão e atingem o anodo com grande velocidade. No anodo, lado positivo do tubo, os elétrons se chocam contra o alvo, onde são desacelerados

bruscamente, transformando “cerca de 99% de sua energia cinética em calor e cerca de 1% em radiação-X” (MOTA et al., 1993, p.20). Ao se desligar uma máquina de raios-X, ela não produz mais radiação, portanto, não constitui um equipamento radioativo, mas apenas um gerador de radiação e os materiais irradiados com equipamentos de raios-X não ficam radioativos.

Existem dois mecanismos de produção de raios-X, dependendo do tipo de interação entre os elétrons e o alvo do anodo, estes são conhecidos como “raios-X de Freamento e raios-X Característico” (TAUHATA et al., 2001, p.16). O raio-X de Freamento ocorre quando um elétron, carregado negativamente, passa próximo a um núcleo de um átomo do alvo, sendo atraído na direção deste núcleo, que está carregado positivamente. Com isto, o elétron é desviado de sua trajetória inicial e perde parte de sua energia cinética, que é emitida na forma de radiação X, este processo também é conhecido pela palavra de origem alemã “bremsstrahlung”, que significa: Bremsen = Frear e Strahlung = radiação (TAUHATA et al., 2001, p.32). O processo de produção de raio-X Característico envolve uma colisão entre o elétron incidente e um elétron ligado ao átomo do material do alvo. O elétron incidente transfere energia suficiente ao elétron do alvo para que ele seja ejetado de sua órbita, deixando uma espécie de lacuna, que é imediatamente preenchida com a passagem de um elétron de uma órbita mais externa. Neste preenchimento, “ao passar de um estado menos ligado para outro mais ligado, por estar mais interno na estrutura eletrônica”, o excesso de energia do elétron é liberado por meio de radiação-X (TAUHATA et al., 2001, p.30). A energia dos raios-X característicos corresponde à diferença entre as energias de ligação das órbitas envolvidas no processo.

Ainda, segundo o mesmo autor, “cada elétron está vinculado ao núcleo pela atração entre a sua carga negativa e a carga positiva do núcleo e a energia consumida neste vínculo se denomina energia de ligação” (TAUHATA et al., 2001, p.4).

Os raios-X têm aplicações práticas muito importantes, sua descoberta revolucionou, principalmente, a medicina com a obtenção de radiografias que permitiu conhecer e estudar melhor o corpo humano.

Num filme especial, sensível à radiação, a imagem é obtida através do contraste que é “dado pela diferença de enegrecimento entre porções distintas da radiografia” (MOTA et al., 1993, p.32). O enegrecimento do filme está relacionado a diversos fatores, entre eles a espessura e a densidade das estruturas, que definem se a radiação vai passar livremente ou se vai ser bloqueada.

Os raios-X que penetram os corpos são bloqueados, parcialmente ou totalmente, pelas estruturas mais densas, devido à relação entre a massa da substância e seu volume. Por exemplo, a radiação ao incidir no corpo humano vai ser bloqueada pelos ossos, que são mais densos que os músculos e outros tecidos, por sua vez, "o feixe de radiação que sai do paciente possui variações de intensidade devido à anatomia interna do corpo" e, com isto, vão produzir o contraste para formar a imagem" (MOTA et al., 1993, p.33).

Portanto, nas estruturas radiografadas, a parte mais clara do filme corresponde às que absorveram mais a radiação, devido à grande densidade, e a parte mais escura às que absorveram menos a radiação, por se tratar de estruturas menos densas. Conforme a imagem dos ossos da mão e do crânio, na figura a seguir, pode-se perceber o contraste no filme radiográfico.

Figura 04 – Contraste nas radiografias.
Fonte: http://www.fotosearch.com.br/fotos-imagens/raio-x

Assim como na área médica, os raios-X começaram a ser utilizados em outros setores. A indústria aproveita este tipo de radiação para detectar descontinuidades na matéria, por exemplo, examina a eficiência das soldas, dos navios, dos aviões, das tubulações, etc. Através do filme radiográfico, é possível visualizar e inspecionar toda a estrutura do corpo, promovendo a sua qualidade e a segurança da sociedade.

A radiação pode trazer muitos benefícios, entretanto "provoca danos nos seres humanos, qualquer uso que se faça dela deve ser feito criteriosamente, com conhecimento de proteção radiológica e com responsabilidade" (OKUNO, 1988, p.10).

Logo após a descoberta dos raios-X, os médicos e os cientistas da época começaram a usar essa radiação sem preocupações, pois não se sabia muito sobre suas propriedades. Os médicos, fascinados com as imagens, tiravam radiografias de

seus próprios crânios e, em seguida, associaram a queda dos seus cabelos e outros efeitos, como queimaduras nas mãos e escamações na pele, com a exposição à radiação.

O uso desta radiação era muito recente e não se podiam afirmar os seus efeitos prejudiciais. Para verificar se realmente os raios-X provocavam danos, o físico americano Elihu Thomson, em fins de 1896, se propôs a participar de uma experiência audaciosa onde ele próprio se tornou a cobaia. Thomson "expôs seu dedo mínimo esquerdo durante meia hora por dia, a um feixe direto de raio-X, usando uma distância entre o tubo e a pele menor que 3 cm", com os efeitos que começaram a surgir a partir de uma semana, como "dores e inflamações com formação de bolhas", foi evidenciado que existe um certo limite, além do qual a exposição não pode continuar sem causar sérios problemas (OKUNO, 1988, p.31).

O experimento de Thomson levou os cientistas a se preocuparem de forma mais efetiva com a proteção radiológica e estabelecerem as primeiras medidas neste sentido. Em 1925, foi realizado em Londres o primeiro Congresso Internacional de Radiologia, onde foi criada a Comissão Internacional de Unidades e Medidas das Radiações (ICRU).

Muitas pesquisas continuam sendo desenvolvidas e, à medida que os conhecimentos foram se ampliando, os limites de exposição à radiação foram diminuindo ao longo do tempo, a "exposição aos raios-X diagnósticos tem sido considerada uma questão de saúde pública pela Organização Mundial da Saúde e pelo governo dos Estados Unidos, no Brasil esta questão deve ser considerada da mesma forma, devendo-se adotar medidas que possibilitem uma redução na dose de exposição da população aos raios-X médicos" (COOK et al., 2007), para evitar os efeitos biológicos.

No Brasil, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) estabelece as diretrizes de proteção radiológica e é responsável pela fiscalização dos setores que se beneficiam do uso da radiação. Uma das recomendações básicas de radioproteção, indicado pela Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP), baseia-se nos princípios de "Justificação, Otimização e Limitação da Dose Individual" (TAUHATA et al., 2001, p.171).

Este princípio de proteção assegura que nenhum indivíduo seja exposto desnecessariamente à radiação e, quando é justificado o uso do raio-X, tanto o

paciente como o acompanhante e a equipe que trabalha no local, pode se proteger usando equipamentos de proteção individual.

As vestimentas de proteção individual, utilizadas na radiologia, são equipamentos constituídos de borracha enriquecida com chumbo (plumbíferas), por exemplo, óculos com lentes especiais, aventais, luvas, protetores de tireóide e de gônadas, que impedem a passagem da radiação, devido à grande densidade do chumbo.

A Agência Nacional da Vigilância Sanitária (ANVISA), de acordo com a Portaria 453 de junho de 1998, estabelece que "é responsabilidade básica da empresa fornecer gratuitamente vestimentas de proteção individual adequadas ao risco e em perfeito estado de conservação e funcionamento para a equipe, os pacientes e de eventuais acompanhantes" e, ainda, "a presença de acompanhantes durante os procedimentos radiológicos somente é permitida quando sua participação for imprescindível para conter, confortar ou ajudar pacientes, com o uso das vestimentas plumbíferas".

Estas medidas são algumas das maneiras de evitar a exposição indevida e prevenir os efeitos biológicos das radiações.

2.6.3.7 Raios Gama

Com freqüência maior que a dos raios-X, em torno de 10^{21} Hz e, comprimento de onda muito pequeno, 10^{-13} m, essas ondas eletromagnéticas recebem o nome de raios gama (γ). Diferente dos raios-X, que tem origem na eletrosfera ou no freamento de partículas carregadas com o núcleo, a radiação gama é produzida por processos de ajustes, para atingir a estabilidade, quando o núcleo atômico possui energia excedente ou por aniquilação de partículas que, "embora não seja de origem nuclear, ocorre quando um pósitron interage com um elétron transformando a matéria em energia", ou seja, produzindo radiação eletromagnética na freqüência dos raios gama (TAUHATA et al., 2001, p.33).

A maior parte dos isótopos radioativos naturais formaram-se com a criação da Terra e, com o passar do tempo, alguns destes, através do decaimento radioativo, foram liberando o excesso de energia até se tornarem elementos estáveis. O decaimento radioativo ou desintegração radioativa ocorre quando o radioisótopo libera o excesso de energia, sob a forma de radiação, "se tranformando em outro

elemento de comportamento químico diferente, devido uma variação no número de prótons no núcleo" (CARDOSO, 2003, p.12).

O urânio-238 (92 prótons e 146 nêutrons), o urânio-235 (92 prótons e 143 nêutrons), e o tório-232 são elementos radioativos naturais encontrados nas rochas, solos, sedimentos, minérios. Além destes três radioisótopos, os materiais vão conter também os elementos resultantes dos seus decaimentos radioativos, por exemplo, o urânio-238 ao decair vai produzir outro elemento instável, o tório-234. Este, por sua vez, também decai, produzindo o isótopo instável o protactínio-234 e assim por diante, até que a estabilidade seja alcançada com a formação do chumbo-206.

A meia-vida do urânio-238 é de 4,5 bilhões de anos, do urânio-235 é de 713 milhões de anos e a do tório-232 é de 13,9 bilhões de anos. Cada elemento radioativo tem sua própria meia-vida, podendo durar desde alguns segundos até muitos anos, isto quer dizer que, a meia-vida "é o tempo necessário para que a atividade do elemento seja reduzida à metade da atividade inicial", onde a "taxa de emissões ou desintegrações em cada segundo é denominada atividade da amostra" (CARDOSO, 2003, p.13). Por exemplo, para o iodo-131, que possui a meia-vida de oito dias, após 8 dias sua atividade é reduzida à metade, passados mais 8 dias, cairá à metade desse valor, ou seja, ¼ da atividade inicial e assim sucessivamente.

Além dos radioisótopos naturais, existem radioisótopos produzidos artificialmente através de equipamentos que bombardeiam, com partículas apropriadas, núcleos de elementos estáveis, transformando-os em elementos radioativos. Foi em 1934 que, "Irène Curie e seu marido, Frédéric Joliot, produziram, pela primeira vez, os elementos radioativos fósforo-30 e nitrogênio-13, bombardeando alumínio e boro, respectivamente, com partículas alfa emitidas por uma fonte natural de polônio" (OKUNO, 1988, p.9).

Desde a descoberta da radioatividade artificial e do desenvolvimento de outros métodos de produção de radioisótopos muitas pesquisas surgiram e estimularam a aplicação dos novos elementos radioativos, como é o caso dos radioisótopos artificiais cobalto-60 (^{60}Co) e o césio-137 (^{137}Cs) utilizados em diferentes ramos da Ciência.

O cobalto é um metal duro, de cor azulada, encontrado na natureza sob a forma estável de cobalto-59 (^{59}Co), com 27 prótons e 32 nêutrons. O isótopo radioativo (^{60}Co), que apresenta uma "meia-vida 5,56 anos e decai em níquel-60 por emissão beta e gama até atingir a sua estabilidade", pode ser produzido, "num reator

nuclear, quando se bombardeia o seu isótopo estável (^{59}Co) com nêutrons" (PINTO, 2006, p.33).

O césio é um metal alcalino com um único isótopo natural estável, o Cs-133 que possui 55 prótons e 78 nêutrons. Através das "reações nucleares do urânio ou do plutônio é produzido o isótopo radioativo ^{137}Cs que, apresenta meia-vida de 30 anos e, decai em bário-137 por emissão de radiação beta e gama" (MÖLLER, sem data, p.8).

Os radioisótopos (^{60}Co) e (^{137}Cs), emissores de radiação gama, são empregados em pesquisas e nas mais variadas tecnologias. A indústria, "responsável por cerca de 30% das licenças para utilização de fontes radioativas", se beneficia com a técnica nuclear conhecida por gamagrafia que, similar a uma radiografia com raio-X, verifica se há rachaduras em peças metálicas ou em estruturas de concreto, mede espessuras de papel e vazões de líquidos, sendo empregada, principalmente, "para a melhoria da qualidade dos processos nos mais diversos setores industriais" (GONÇALVES et al., 2005, p.40).

A agricultura utiliza os radioisótopos para irradiar carnes, frutas, grãos e vegetais, com a vantagem de não alterar a qualidade do alimento e, tampouco, deixá-los radioativos. Este processo retarda a ação dos microorganismos decompositores, prolonga o tempo de conservação dos alimentos e evita a transmissão de doenças causadas por parasitas. Os radioisótopos também são usados em pesquisas com plantas, solos e insetos para "verificar a absorção de nutrientes, a infiltração de água, o efeito de microrganismos" através da detecção da radiação emitida pelos radioisótopos (GONÇALVES et al., 2005, p.41).

Na medicina nuclear são usados radioisótopos, de meia-vida curta, com a finalidade de diagnóstico, terapia e pesquisa. Nesta especialidade médica, os radioisótopos administrados no paciente concentram-se no local a ser examinado pelo médico e, através de um detector, a radiação emitida é transformada numa imagem. Outra técnica importante é a radioterapia que usa fontes radioativas para o tratamento de câncer. A radioterapia consiste na aplicação programada de doses de radiação, por um equipamento portador de uma fonte radioativa, de alta atividade, que está sempre emitindo radiação e não pode ser desligado como acontece com o aparelho de raios-X. A fonte de radiação fica guardada dentro de uma blindagem de chumbo e, quando é necessária a sua exposição, a mesma é acionada, através de sistemas elétricos, até uma janela de saída do feixe gama onde, terminado o

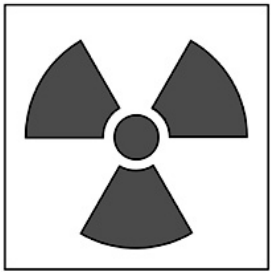
tratamento no paciente, a fonte é recolhida novamente para o interior da blindagem de chumbo dentro da máquina.

Neste tipo de terapia, com a finalidade de exterminar as células tumorais causando o menor dano possível aos tecidos sadios adjacentes, o paciente se expõe a radiação por meio de um sistema de colimadores do equipamento, que direciona o feixe de radiação para a região ou órgão específico, durante um intervalo de tempo determinado. Esta técnica teve origem com a aplicação do "elemento rádio pelo casal Curie, para destruir células cancerosas, e foi inicialmente conhecida como Curieterapia" (CARDOSO, 2003, p.40). Posteriormente, outros radioisótopos passaram a ser usados como é o caso do césio-137, que causou o acidente em Goiânia, no ano de 1987, e apresentando um maior rendimento, para combater as células do tumor, atualmente utiliza-se nos aparelhos de radioterapia uma fonte de cobalto-60.

2.6.4 Acidente de Goiânia

O acidente de Goiânia foi causado por dois catadores de sucata e de papel que, no dia 13 de setembro, invadiram o Instituto Goiano de Radioterapia (IGR) que estava desativado e abandonado e levaram para comercializar um aparelho de radioterapia usado no tratamento contra o câncer.

Os dois catadores de papel, visando aos lucros com a venda do equipamento, evidenciaram, ao violar a clínica, o desconhecimento do material coletado, que continha advertências quanto à radiação ionizante. As instalações que desenvolvem atividades com material radioativo apresentam um símbolo, reconhecido internacionalmente, que indica a presença de radiação ionizante. Este símbolo, representado na figura abaixo, é chamado de Trifólio e serve para alertar a população.



Firura 05 – Símbolo internacional da presença de radiação ionizante.

Fonte: http://www.cnen.gov.br/ensino/apostilas/radio.pdf

Dentro desde aparelho havia “um cilindro metálico, de aproximadamente 3,6 cm de diâmetro e 3,0 cm de altura com um pó, o cloreto de césio (césio-137), empastilhado juntamente com um aglutinante” (OKUNO, 1988, p.1).

O aparelho com a fonte radioativa foi vendido no dia 19 de setembro para Devair Alves Ferreira, dono de um ferro velho, que após abrir a blindagem de chumbo que envolvia o material radioativo ficou encantado com a “luz azulada” emitida pelo césio-137 (OKUNO, 1988, p.2), a partir deste momento começaram uma série de eventos provocados pela exposição ao material radioativo e contaminação das pessoas, objetos e locais que tiveram contato com este.

Para tanto, é importante definir a diferença entre contaminação e exposição, pois, em Goiânia, algumas pessoas foram contaminadas e inúmeras irradiadas. A “contaminação se dá quando alguém ingere, inala ou fixa no próprio corpo, por algum meio, quantidades de material radioativo” (CRUZ, 1987, p.168). Neste caso, a pessoa torna-se uma fonte radioativa, assim, havendo contato com outros indivíduos, os mesmos podem ser irradiados. E, uma pessoa irradiada “sofre efeitos da radiação de uma fonte externa, mas quando distante desta a irradiação cessa e a pessoa não emite nem causa efeito algum sobre os que se aproximarem dela” (CRUZ, 1987, p.168).

A gravidade da situação, os riscos envolvendo a manipulação do material radioativo de forma inadequada, também não foi percebida pelo dono do ferro velho e, tampouco por seus funcionário. Então no dia 21 de setembro, Devair levou para sua residência parte do misterioso pó, que parecia uma espécie de purpurina, com o intuito de compartilhar com seus amigos e familiares.

Muitas pessoas começaram a freqüentar a residência de Maria Gabriela, esposa de Devair, para admirar a luz azulada emitida pelo pó desconhecido, entre essas pessoas estava Ivo Ferreira, o irmão de Devair, que levou um pouco da substância para sua casa e mostrou o brilho azulado a sua esposa, filha e amigos. A filha de Ivo, Leide das Neves, de seis anos de idade, além de manipular o pó de césio acabou ingerindo uma pequena quantidade quando, ao se alimentar, estava com as mãos contaminadas pelo pó radioativo.

Os efeitos causados pela exposição à radiação do césio-137 não demoraram a aparecer, no mesmo dia que os catadores de papel retiraram a fonte da clínica começaram os primeiros sintomas (tonturas, náuseas, vômitos e diarréia). Maria Gabriela, percebendo as moléstias dos seus familiares e dos seus amigos, teve a

intuição de que o mal poderia estar sendo provocado pela “luz azulada” que ficava em sua residência. E, no dia 28 de setembro, auxiliada por um funcionário do ferro velho, levou de ônibus a fonte enrolada em um saco plástico até a vigilância sanitária. O médico da vigilância sanitária, desconfiado de contaminação radioativa, solicitou a presença de um físico que confirmou a suspeita, acionando no dia 29 de outubro a CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear) para que as medidas de emergência fossem tomadas.

Com este acidente, muitas pessoas foram atingidas direta e indiretamente, proporcionando diversas perdas, as primeiras vítimas fatais foram Maria Gabriela que faleceu no dia 23 de outubro e sua sobrinha Leide das Neves, que faleceu no mesmo, dia horas depois. Nos dias 27 e 28 de outubro morreram dois funcionários do ferro velho.

No dia 1º de outubro de 1987, os brasileiros tomaram ciência do acidente radioativo e a cidade de Goiânia foi conhecida internacionalmente por esta fatalidade com o césio-137, sofrendo sérias conseqüências com este fato. “Os meios de comunicação noticiaram, constantemente, novos focos de radiação” as pessoas estavam desorientadas “sobretudo transparecia a perplexidade, o pânico e a desinformação da população que, pelas ruas perguntavam se radiação era um vírus, se era contagiosa, o que era contaminação, o que era lixo atômico etc.” (CRUZ, 1987, p.164).

A fase inicial do acidente com o césio-137 foi marcada por diversos conflitos, pois a população não entendia a necessidade de ter que se desfazer dos seus pertences quando era comprovada a contaminação radioativa. Muitos tiveram que abandonar suas casas, suas roupas e seus objetos pessoais e, quando detectada a contaminação radioativa nas pessoas, estas ficavam reclusas, alojadas em tendas no Estádio Olímpico. Isoladas no Olímpico, sob intensa vigilância dos técnicos que monitoravam os níveis de radiação constantemente, as pessoas eram submetidas diariamente a exames clínicos e a procedimentos rigorosos de descontaminação. Alguns pacientes em estado grave de saúde foram transferidos para o hospital no Rio de Janeiro.

Naquele momento crítico, a equipe da CNEN passou a monitorar tudo, inclusive o solo, as árvores, as águas, os objetos, carros, ônibus etc. No período de 30 de setembro a 20 de dezembro de 1987, “112.800 pessoas foram monitoradas pelos técnicos, 249 apresentaram contaminação, das quais 49 tiveram que ser internadas,

10 apresentaram estado grave, uma pessoa teve que amputar o braço" e, como foi citado anteriormente houve, "4 óbitos" (OKUNO, 1988, p.57).

O trabalho de descontaminação, monitoração e assesssoria local dos técnicos envolvidos no plano de emergência da CNEN, gerou uma grande quantidade de lixo radioativo que foi acondicionado em diversos tipos de embalagens, sendo que o volume total dos rejeitos foi de "3.461 m^3, constituído de 1.400 caixas metálicas; 3.800 tambores de 200 litros; 10 containers marítimos de 32 m^3 cada e 6 embalagens especiais construídas com concreto armado de 20 cm de espessura", (OKUNO, 1988, p.57).

Os rejeitos gerados neste processo provocaram outra polêmica em Goiânia, uma vez que as autoridades de cada Estado brasileiro se recusavam a receber o entulho radioativo. Com isto, foi escolhido um local provisório para o armazenamento dos rejeitos situado cerca de 20 km do centro de Goiânia, e 2,5 km da cidade de Abadia de Goiás.

O acidente de Goiânia deixou transparecer, na época, o descaso com as clínicas que usavam radiação e a fragilidade nas fiscalizações por parte do governo, pois "a fonte de césio-137 estava abandonada há dois anos nos escombros do Instituto Goiano de Radioterapia, que havia sido desativado após sofrer uma ação de despejo". A irresponsabilidade das autoridades especializadas do governo juntamente com a "ignorância da população em relação a área nuclear" foram fatores decisivos para a ocorrência deste crime com a população de Goiânia, (CANDOTTI et al., 1988).

O acidente radiológico teve um impacto muito grande na sociedade causando muitos danos, podemos enfatizar os prejuízos sociais, psicológicos e econômicos. As vítimas e toda a população de Goiânia foram discriminadas, a notícia da "cidade contaminada provocou um impacto sócio-econômico significativo", os comerciantes não conseguiam vender seus produtos que eram rejeitados", (CANDOTTI et al., 1988).

O acidente de Goiânia não pode ser esquecido, é preciso refletir sobre todos os seus aspectos para, no mínimo, aprender algumas lições com este triste acontecimento. A escola, enquanto ambiente educativo, e os professores, enquanto agentes deste processo, desenvolvem um papel essencial e podem contribuir a fim de melhorar o entendimento sobre a energia nuclear. Surpreendente é pensar que tudo seria diferente e que tudo o que ocorreu em Goiânia poderia ter sido evitado se as

pessoas envolvidas tivessem um conhecimento mínimo sobre o tipo de material que estavam manipulando e se as autoridades não tivessem sido negligentes no abandono da fonte radioativa. Como o fato já ocorreu, tem que ficar a lição, resta-nos então o compromisso de olhar com mais cuidado a educação escolar, de promover um conhecimento contextualizado com o cotidiano do educando, para nos tornarmos cidadãos mais conscientes e atuantes, aptos a exigir dos governantes mais responsabilidades sociais evitando novas catástrofes.

2.6.5 Efeitos Biológicos das Radiações

As radiações apresentam inúmeras aplicações e benefícios para a vida moderna, entretanto devem ser usadas com cautela, a fim de evitar os seus efeitos prejudiciais.

No processo de interação, a radiação atravessa a matéria e transfere sua energia, podendo provocar excitação ou ionização dos átomos. A radiação é dita não ionizante quando sua energia não é suficiente para arrancar elétrons dos átomos, neste caso pode ocorrer a excitação do átomo, onde os elétrons são levados para as camadas mais externas do átomo, sem serem ejetados. E, quando a radiação possui energia suficiente para superar a energia que mantém os elétrons atraídos pelo núcleo e "arrancar um dos elétrons orbitais dos átomos neutros, transformando-os em um par de íons, diz-se que a radiação é ionizante", ou seja, a ionização é o rompimento da neutralidade do átomo que se tornou um íon positivo devido à perda de elétrons, íons negativos (OKUNO, 1988, p.12). Das radiações apresentadas no espectro eletromagnético, são radiações ionizantes os raios-X e os raios gama.

O poder de penetração da radiação ionizante na matéria depende da sua energia, "embora a radiação gama e os raios-X sejam as radiações mais penetrantes, seu poder de ionização é baixo em relação às partículas carregadas alfa e beta", que são consideradas diretamente ionizantes, por colidirem com um grande número de átomos do meio (CARDOSO, 2003, p.18).

A interação da radiação com o meio biológico ocorre através dos átomos que constituem o corpo humano. Os seres vivos são constituídos, principalmente, por átomos de carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio. Estes, quando combinados compõem as moléculas que, por sua vez, constituem as células, de maneira que as estruturas vão se tornando cada vez mais complexas, até formar o indivíduo como um todo, conforme a organização dos seres vivos demonstrado na figura a seguir.

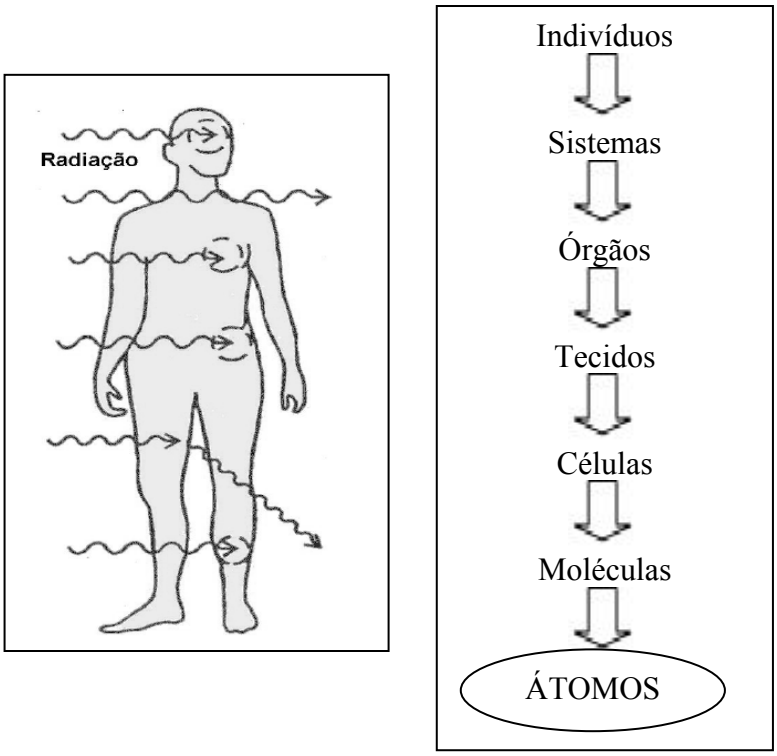


Figura 06 – Organização dos seres vivos.
Fonte: http://www.cnen.gov.br

A molécula de água é a principal constituinte do corpo humano, "são cerca de $2x10^{25}$ moléculas por quilograma" (NOUAILHETAS et al., 2003, p.22). Participando, praticamente, de todas as reações metabólicas, as moléculas de água seriam as mais atingidas em caso de exposição às radiações, desencadeando quebra das ligações químicas dos átomos e, conseqüentemente, a formação de radicais livres.

Os radicais livres, produtos da radiólise, ou seja, da irradiação da água, são altamente reativos entre si ou com outras moléculas próximas, produzindo danos biológicos ao disputar elétrons, para formar uma configuração mais estável. Este processo é chamado de ionização indireta, pois a radiação interage primeiro com a molécula de água, produzindo radicais livres que, por sua vez, podem danificar outras moléculas, inclusive a de DNA (ácido desoxiribonucleico).

Na ionização direta a radiação atinge uma molécula importante como a do DNA, que é responsável pelas informações genéticas das células. O resultado deste processo pode ser uma mutação na estrutura dos genes que, em sua grande maioria

condicionam características indesejáveis, ou mesmo, não resultar em efeito algum, visto que o seres vivos dispõem de mecanismos especiais de defesa contra os efeitos das radiações. O reparo dos danos vai depender de diversos fatores, entres eles, da quantidade de radição recebida pelo indivíduo.

De acordo com Okuno (1988, p.42), quando a radiação passa através do corpo humano, quatro tipo de eventos podem ocorrer:

- A radiação passa próximo ou através da célula sem produzir dano;
- A radiação danifica a célula, mas ela é reparada adequadamente;
- A radiação mata a célula ou a torna incapaz de se reproduzir;
- A célula sobrevive e se reproduz na sua forma modificada, podendo-se diagnosticar, anos mais tarde, células malignas nesse local.

O surgimento de alterações celulares, induzidas pela exposição à radiação, não significa, necessariamente, que vai ocorrer morte celular ou mutação dos genes com alterações metabólicas. Entretanto, "a probabilidade de cancerização a partir de células irradiadas é superior à probabilidade de ocorrência deste processo a partir de células não irradiadas onde, mutações seriam o primeiro passo para a cancerização" (NOUAILHETAS et al., 2003, p.27).

Evitar se expôr com freqüência e sem necessidade às radiações ionizantes, como os raios-X e os raios gama, e não ionizantes, como os raios ultravioletas, certamente são medidas significativas para prevenir os indivíduos contra os prejuízos causados pelas radiações. Os cuidados devem aumentar, principalmente, com crianças, mulheres em idade fértil e mulheres grávidas que, devido sua intensa proliferação celular, são mais vulneráveis aos efeitos das radiações.

III - METODOLOGIA

> Neste capítulo apresentamos os critérios, as técnicas e os conceitos que foram usados para analisar e interpretar os instrumentos utilizados na coleta de dados, sobre o tema Radiação desenvolvido na unidade de aprendizagem.

Conforme descrito anteriormente, esta pesquisa procurou investigar, além das idéias prévias dos alunos, sobre a radiação, os resultados do desenvolvimento de uma Unidade de Aprendizagem (UA), a fim de influenciar na transição do conhecimento prévio para um conhecimento mais estruturado e aceito cientificamente.

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito da educação formal, procurou aproximar-se de uma perspectiva de ações interdisciplinares, promovendo diálogos entre as disciplinas científicas, assim valorizando todos os processos sem, com isto, eleger as melhores ou as piores estratégias, mas apenas refletir sobre as mesmas, para alcançar resultados mais adequados no que se refere ao ensino-aprendizagem.

Com o enfoque interdisciplinar desejado, não caberia neste momento um enquadramento sob uma ou outra metodologia de pesquisa, acreditamos não ser necessário a escolha de rótulos que, por sua vez, delimitam barreiras e impedem o diálogo necessário no trânsito entre as diferentes abordagens existentes como, por exemplo, estudo de caso, pesquisa ação, pesquisa participante, entre outras.

Mas, para que fiquem claros os caminhos percorridos durante o desenvolvimento desta pesquisa, é importante explicitar que, após estabelecer as questões a serem investigadas, foi desenvolvido um plano de ação ou intervenção, intitulado Unidade de Aprendizagem (UA), onde a pesquisadora, ao mesmo tempo em que fazia a coleta dos dados para a análise do processo, assumiu a condição de professora e ministrou a UA.

3.1 Público Alvo

A pesquisa foi desenvolvida na escola Estadual Lilia Neves, localizada no Bairro Quinta do município de Rio Grande, RS. A relação de amizade entre a pesquisadora e a professora responsável pela disciplina de Física da referida escola, assim como o incentivo da direção, foram os fatores que favoreceram o desenvolvimento da pesquisa na instituição. Quanto à escolha da turma, participaram os alunos que estavam cursando o 3ª ano do Ensino Médio. Este critério foi definido

para facilitar o desenvolvimento da UA, visto que seria necessária a compreensão de alguns conceitos estudados anteriormente pelos alunos. A idade dos alunos estava compreendida entre 17 e 19 anos, convém esclarecer que nos referimos aos alunos sem o objetivo de fazer distinção de gênero, mesmo tendo trabalhado tanto com alunos como com alunas.

3.2 O Caminho na Coleta de Dados

Antes de qualquer iniciativa na instituição escolar, pedimos a autorização da direção para que pudéssemos iniciar o trabalho sem a ocorrência de imprevistos. Mesmo a escola permitindo a investigação, por se tratar de uma pesquisa envolvendo adolescentes e alguns menores de idade, julgamos ético e necessário que os pais ou responsáveis pelos adolescentes também fossem informados sobre as intenções das atividades e autorizassem a participação dos mesmos. Para isso, disponibilizamos um termo de consentimento (Apêndice 1), que explicou os procedimentos da pesquisa, o qual cada aluno levou para o seu responsável autorizar mediante a assinatura.

Desde o primeiro encontro com os alunos foi esclarecido que se tratava de uma pesquisa. A professora de Física da turma, grande incentivadora do trabalho, também era conhecedora dos fatos e, como ex-colega de graduação no bacharelado em Física Médica da pesquisadora, a relação de amizade e cumplicidade proporcionou um ambiente favorável para o andamento das atividades. Em alguns momentos a professora participava dos encontros, ora observando, ora interagindo com exemplos e explicações complementares, assim a professora e a pesquisadora formaram uma espécie de parceria.

O primeiro contato com os alunos se deu quando a pesquisadora foi apresentada pela professora da disciplina de Física; a turma estava agitada, pois acontecia a entrega de trabalhos pendentes. Logo após, aproveitamos para nos conhecer melhor a fim de estabelecer os primeiros diálogos. Neste momento, o principal objetivo foi constituir, através do diálogo, uma relação harmoniosa e com seriedade, para validar todo o envolvimento dos alunos na pesquisa. Entendemos estes primeiros passos como uma etapa muito delicada da investigação científica, pois se trata de uma espécie de aceitação por parte dos alunos, que se não ocorrer pode comprometer a realidade investigada. Com o iminente clima de descontração e o pouco tempo que restava naquele encontro, foi usada como estratégia para

promover reflexão e discussão a leitura do texto “A carta dos Índios” (BRANDÃO, 1995). Entre alguns dos objetivos, a intenção foi de conhecer um pouco das características dos alunos dando-lhes voz e propondo a participação coletiva, conforme destaca Galiazzi (et al., 2004, p.69),

> [...] o conhecimento escolar, é uma integração de diferentes saberes, e o conhecimento científico é um deles, sem dúvida importante, mas um entre tantos que o constituem. É preciso valorizar outros, entre eles o conhecimento que o aluno traz as informações da mídia, as crenças, as ideologias, pois entendemos que o objetivo da escola é enriquecer o conhecimento do aluno, favorecendo aprendizagens que o capacitem a tomar decisões ambientalmente responsáveis.

Posteriormente, o restante dos encontros, totalizando quatorze, ocorreu semanalmente no horário das aulas da disciplina de Física, em três períodos por semana, na própria escola, estendendo-se de outubro a novembro de 2006, onde foi desenvolvida a UA e a coleta dos dados.

3.3 Instrumentos de Pesquisa

Para a coleta de dados, esta pesquisa caracterizou-se pela utilização de dois questionários, aplicados em fases distintas, sete problematizações que transcorreram ao longo dos encontros e uma entrevista semi-estruturada realizadas com cinco alunos, após a conclusão da UA.

Segundo Porto (1996, p.17), o questionário é um “instrumento de coleta de dados preenchido pelo informante sem a presença do pesquisador” onde “é importante determinar quais são as questões mais relevantes a serem propostas, relacionando cada item à pesquisa que está sendo feita”. A autora destaca ainda que a entrevista semi-estruturada é “aquela que parte de certos questionamentos básicos, apoiados em teorias e hipóteses que interessam à pesquisa e que, em seguida, oferece amplo campo de indagações, fruto de novas questões que vão surgindo à medida que são recebidas as respostas do informante” (PORTO, 1996, p.16).

Quanto às problematizações, estas se referem a “questões e/ou situações para discussão, sempre relacionadas direta ou indiretamente aos assuntos do tópico, unidade ou tema central” (DELIZOICOV, 1992, p.29). As problematizações fazem parte do primeiro momento pedagógico proposto pelo autor, conforme descrito no capítulo 4.

É importante relatar que, apesar de não ter sido utilizado como instrumento de coleta de dados, para auxiliar na compreensão das análises, recorremos à técnica do "Diário de Campo", que foi preenchido posteriormente aos encontros com os alunos, e de aulas áudio gravadas e fotografadas. Entendemos que estes procedimentos e recursos facilitaram a compreensão das impressões e interpretações geradas ao longo da experiência na escola. Para tanto, Neto (1994, p.63) considera que "o diário é um instrumento ao qual recorremos em qualquer momento da rotina do trabalho que estamos realizando, na verdade, é um amigo silencioso que não pode ser subestimado quanto à sua importância". Neto (Ibid., p.63), ainda destaca que o registro visual, ou seja, a fotografia "amplia o conhecimento do estudo porque proporciona documentar momentos ou situações que ilustram o cotidiano vivenciado".

3.3.1 Instrumento 1: Questionário das idéias dos alunos sobre a radiação

No segundo encontro, iniciamos a investigação utilizando o primeiro instrumento de coleta de dados, para isso aplicamos um questionário (Apêndice 2) contendo dezoito questões, onde algumas destas eram objetivas e outras discursivas. Importante ressaltar que o objetivo do instrumento foi fazer um levantamento das idéias dos alunos sobre a radiação, com isto o mesmo foi aplicado sem qualquer explicação antecipada sobre as teorias envolvidas. Os alunos responderam livremente às alternativas, em um tempo médio de 1 hora, assim podendo expressar seus conhecimentos para o tema em estudo. Destacamos ainda que os alunos participaram da atividade tranquilamente, demonstrando interesse e entusiasmo ao responder às questões. E, após a entrega do instrumento para a pesquisadora se instalou um clima de curiosidade com debate das respostas.

De posse das respostas do primeiro instrumento, iniciamos uma breve interpretação das mesmas, com o intuito de promover, nos encontros posteriores, relações entre as teorias a serem estudadas na UA e os posicionamentos apresentados pelos alunos. O ideal seria uma análise detalhada dos dados coletados, mas devido aos encontros transcorrerem semanalmente, o tempo restrito impediu que esse processo fosse possível.

3.3.2 Instrumento 2: Problematizações

O segundo instrumento de elicitação foi a coleta sistemática de informações, que se deu a partir das respostas discursivas dos alunos para os questionamentos que denominamos problematizações (veja capítulo 4). Ao total, foram 7 problematizações (Apêndice 3), propostas sempre no início dos encontros, antes do desenvolvimento dos temas da UA, que serviram como subsídio para responder a essas problematizações. Nos encontros foram trabalhados conceitos teóricos, valores e atitudes aplicados ao cotidiano do educando. Para entender a apropriação e a reconstrução destes conceitos, os alunos individualmente ou em duplas respondiam às problematizações, entregando, sob a forma escrita, seus argumentos, ao final do período de aula.

3.3.3 Instrumento 3: Questionário aplicado com duas turmas distintas

O terceiro momento de elicitação dos dados se deu quando foi aplicado o segundo questionário (Apêndice 4), quase ao final da pesquisa, ou seja, logo após o desenvolvimento da UA. As quinze questões objetivas contidas neste instrumento obedeceram à linguagem científica, ou seja, apresentavam teorias, definições mais precisas e aprofundadas, visto que os conceitos envolvidos foram sistematicamente trabalhados, no contexto escolar, com os alunos do grupo experimental. Assim, mediante a análise das respostas, entendemos que esta seria uma forma de evidenciar se teríamos nos aproximado de uma aprendizagem significativa conforme definida no capítulo 2 seção 2.4.

O questionário continha para cada pergunta quatro alternativas de resposta, onde o aluno marcou apenas uma das alternativas para cada questão. O mesmo instrumento também foi aplicado a outra turma da terceira série do Ensino Médio da mesma Escola, porém que não participou das atividades desenvolvidas na UA, possibilitando assim analisar se existem correlações entre as respostas das duas turmas. Lembrando que ambas as turmas não foram avisadas antecipadamente sobre o questionário, sendo que o objetivo deste instrumento foi possibilitar ao aluno que participou da UA um resgate à memória, evidenciando o que se tornou mais significativo durante o processo ensino-aprendizagem.

3.3.4 Instrumento 4: Entrevista semi-estruturada

O quarto momento de elicitação de dados ocorreu quando cinco alunos participaram da entrevista semi-estruturada. Para isto, desenvolvemos um guia (Apêndice 5) com quatro questões principais, de forma a desencadear um diálogo que, mesmo com uma temática definida, permitiu ao entrevistado se expor livremente.

Encontramos em Cortes (1998) mais uma contribuição com o tema quando afirma que "a entrevista semi-estruturada parte de alguns questionamentos básicos, onde as questões são previamente selecionadas e apoiadas por teorias que interessam à pesquisa, porém não há uma estruturação definida de abordagem para todos os itens que serão analisados, assim nesta modalidade o entrevistado possui maior liberdade e, com isto podemos obter bons resultados".

Ao usar essa técnica, nosso objetivo foi verificar se após o cumprimento da UA, trabalhadas no currículo escolar, os alunos revelavam em seus depoimentos aspectos de significação pessoal como: conscientização, tomada de decisão, construção ou mesmo negação de novas atitudes e valores frente à exposição às Radiações, de acordo com os pressupostos desta pesquisa.

Entendemos a entrevista como um diálogo entre o entrevistador (pesquisador) e o sujeito de pesquisa, com objetivos específicos, onde o entrevistado precisa sentir-se tranqüilo, num clima favorável, para poder se expressar. Desta forma, para que todos ficassem cientes dos fatos, explicamos para a turma a técnica e suas implicações e, respeitando a sua vontade, deixamos que os alunos se manifestassem livremente em querer participar ou não da entrevista. Não limitamos o número de participantes e aceitamos a colaboração espontânea de cinco alunos que demonstraram interesse em fazer parte de mais esta etapa da pesquisa.

As entrevistas sucederam-se individualmente na própria escola, sem pré-determinar o tempo de duração, as mesmas foram gravadas e transcritas viabilizando, desta forma, melhorar a compreensão na análise das informações coletadas.

3.4 Análise dos Dados

Após a coleta dos dados, com os instrumentos mencionados anteriormente, buscamos compreender os fenômenos investigados. Entendemos que foi adequado utilizar uma abordagem qualitativa de análise de dados, complementando com uma

abordagem quantitativa, poderíamos então definir que os dados foram analisados quanti-qualitativamente. Nesse sentido, encontramos apoio em André (1995, p. 24) quando menciona que "mesmo quando se reportam dados de depoimentos, entrevistas ou de observações é, não raro, conveniente que se expressem os resultados também em números. No caso, o número ajuda a explicitar a dimensão qualitativa".

Ainda no contexto desta reflexão, Minayo (1994, p.22) destaca que "O conjunto de dados quantitativos e qualitativos, não se opõem. Ao contrário, se complementam, pois a realidade abrangida por eles interage dinamicamente, excluindo qualquer dicotomia".

Destacaremos a seguir como procedemos com a análise do material coletado, ou seja, com o conjunto de documentos produzidos na pesquisa.

3.4.1 Análise Qualitativa

Primeiramente foi desenvolvida uma análise textual qualitativa onde, de acordo com os objetivos, buscamos compreender as idéias dos alunos, os processos pelos quais se reconstruíram os significados e se houve evidências de uma efetiva aprendizagem, através do desenvolvimento da unidade de aprendizagem para o tema radiação.

Para tanto, é interessante referir o posicionamento de Moraes (2005, p.86) quando denomina de "corpus" o conjunto de documentos obtidos na análise textual qualitativa, que visa à compreensão dos fenômenos investigados e requer um grande envolvimento com os documentos produzidos durante a pesquisa, ou seja, um "aprofundamento e mergulho em processos discursivos, visando atingir aprendizagens em forma de compreensões reconstruídas dos discursos, conduzindo a uma comunicação do aprendido". O autor ao utilizar a metáfora "mergulho" requer do pesquisador a participação ativa em todo o processo de análise, um intenso contato com o "corpus", até que as principais idéias sejam construídas, reconstruídas e comunicadas (Ibid., p.86).

Os documentos, produzidos na pesquisa, foram separados e analisados na mesma ordem em que foram coletados. Entendemos que este procedimento de análise na ordem de coleta nos permitiu perceber se ocorreu alguma forma de evolução nos conhecimentos expressados pelos educandos.

Para facilitar a compreensão bem como a discussão dos resultados, após as diversas leituras das respostas dos alunos para os instrumentos, as mesmas foram digitadas na íntegra de modo a obter uma visualização geral de todas as expressões. Esse método foi efetivado para cada uma das 18 questões do primeiro instrumento, assim como para todos os documentos coletados nas diferentes técnicas mencionadas.

De posse do material digitado, iniciamos uma espécie de fragmentação do texto, onde destacamos e selecionamos aspectos, ou seja, palavras e frases que pareciam importantes para a pesquisa. Em seguida, reagrupamos as expressões, onde o critério utilizado foi a seleção das respostas mediante suas semelhanças na descrição, assim formaram-se diversos subconjuntos para cada questionamento organizados através de categorias.

Segundo Gomes, a palavra categoria "se refere a um conceito que abrange elementos ou aspectos com características comuns ou que se relacionam entre si, assim as categorias são empregadas para se estabelecer classificações" (GOMES, 2004, p.70).

Encontramos que "uma análise textual envolve identificar e isolar enunciados dos materiais a ela submetidos, categorizar esses enunciados e produzir textos" para posteriormente comunicá-los (MORAES, 2005, p.87). O mesmo autor (Ibid., p.90) define o procedimento de desconstrução textual, ou seja, o que denominamos de fragmentação como próprio da "unitarização" que é o processo de "identificar e separar os enunciados" que compõem o texto para "ajudar a focalizar elementos específicos do objeto de estudo", onde é necessário estar atento para não perder a essência das informações.

Neste trabalho optamos por determinar as categorias a partir da análise dos dados, entendemos que, desta forma, a pesquisa torna-se mais concreta no sentido de que estamos nomeando as categorias conforme o que está surgindo. Assim, evitamos perceber somente os significados que se enquadram em categorias pré-determinadas antes de examinar os dados. Sobretudo, Moraes (2003, p.197) revela-nos que as categorias construídas com base nas informações contidas nos documentos coletados são denominadas de "categorias emergentes".

Na continuidade de sua reflexão, também se faz relevante destacar, mediante o aprofundamento da proposição de Moraes (2005, p.98), que após concretizar as etapas de "unitarização" e "categorização" do "corpus", considerando, neste

processo, as informações que contribuam para a melhor compreensão dos fenômenos investigados, chega-se no momento de apresentação dos novos textos que são denominados de “metatexto”.

Contudo, para facilitar a comunicação dos resultados, julgamos interessante expressar as respostas que surgiram para cada questão, que agora estão dispostas sob a forma de categorias, através do método de construção das redes sistêmicas (BLISS et al., 1983), veja capítulo 3, seção 3.5.

3.4.2 Análise Quantitativa

Na apresentação dos dados obtidos neste trabalho, nos instrumentos 1 e 2, utilizamos valores numéricos, dispostos entre parênteses nas redes sistêmicas, para indicar quantas vezes foram recorrentes algumas idéias expressas pelos alunos, veja capítulo 5, seção 5.1 e seção 5.2.

Na análise quantitativa do terceiro instrumento (Apêndice 4), optamos pelo levantamento dos índices das escolhas dos estudantes dos dois grupos, experimental e de controle, através da representação com gráfico em barras. A disposição das respostas no gráfico, para as referidas alternativas do questionário, favoreceu a organização e descrição dos pensamentos dos alunos.

Ao mesmo tempo, realizamos a medida do coeficiente de fidedignidade do instrumento, com o objetivo de validar o questionário e verificar se as respostas dos grupos em estudo apresentavam diferenças significativas. A esse respeito, Vianna (1978, p.143) identifica que “sem instrumentos dignos de confiança (fidedignos) não são obtidos escores merecedores de confiança nem é possível expressar um julgamento que seja confiável”.

Dessa forma, a fidedignidade é uma medida da precisão do instrumento utilizado, ou seja, refere-se “ao grau de consistência dos escores”, onde “existem diferentes métodos de calculá-la” (VIANNA, 1978, p.174). Nessa pesquisa, calculamos a fidedignidade através do “coeficiente alfa de Cronbach” (CRONBACH,1951), que varia entre 0 e 1, onde considera-se uma consistência interna a partir de 0,7 e, quanto mais próximo de 1, melhor será a precisão.

Considerando o reduzido número de participantes, utilizamos o teste estatístico não paramétrico de “Mann-Whitney” (SIEGEL & CASTELLAN, 1988), para comparar as médias dos dois grupos em estudo. Esse teste é indicado para a comparação de variáveis quantitativas entre duas amostras independentes. De acordo

com os resultados (veja capítulo 5 seção 5.3), para identificar a origem da diferença significativa, inicialmente solicitamos um "teste H de Kruskal-Wallis", também conhecido como a análise de variância (ANOVA) não paramétrica (WAGNER, MOTTA & DORNELLES, 2004), levando-se em consideração todas as 15 questões do teste como variáveis.

Enfim, para explorar os dados um pouco mais a fundo, ousamos realizar "uma análise de fatores" (NUNNALLY & BERNSTEIN, 1994; KLINE, 1994), em busca de uma estrutura nos dados.

3.5 Redes Sistêmicas

Para apresentar os temas desenvolvidos na UA (veja capítulo 4) e para organizar as categorias, definidas através da análise textual qualitativa, utilizamos a técnica de "redes sistêmicas", que possibilitou visualizar, entender e comunicar com mais clareza tanto a análise e as conclusões dos dados quanto o planejamento da UA (BLISS et al.,1983).

A técnica de redes sistêmicas vem crescendo em sua aceitação e, no Brasil, vem sendo utilizada em diversos trabalhos de informática ligados à educação: (FERRACIOLI, 1999; KURTZ DOS SANTOS, 1999; CAMMILETTI, 2001; GINAPE, 2002; BÖHM, 2002; CAMPOS et al. 2003; citado por CHAMOVITZ, 2004, p.14).

No processo de ensino-aprendizagem, Chamovitz (2004, p.15) identifica que as redes sistêmicas "podem auxiliar na organização do conteúdo da matéria e/ou na representação do conhecimento que o aluno já tem dessa matéria" e ainda destaca que suas principais aplicações "estão na análise qualitativa de dados em que há uma forte necessidade de uma representação sistêmica e de uma redução de dados".

Com isto, uma rede sistêmica pode ser vista como uma gramática independente do contexto que define "uma linguagem construída para descrever os dados" (OGBORN, 1994, p.15).

Conforme a figura 07, os elementos básicos utilizados em uma rede sistêmica são:

- Colchete ou [: é usado para representar qualquer conjunto de escolhas exclusivas, desta forma, representa ou um ou outro conceito;

- Chave ou { : é usado para representar um conjunto de escolhas que acontecem simultaneamente, ou seja, engloba todos os conceitos juntos;

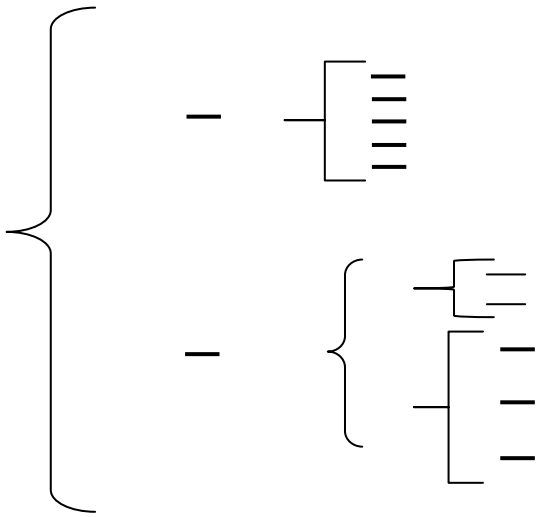


Figura 07 - Representação de uma rede sistêmica.

IV - PROPOSTA DIDÁTICA: UNIDADE DE APRENDIZAGEM

> Neste capítulo apresentamos a estrutura da unidade de aprendizagem para o tema Radiação, que foi desenvolvida com os alunos do Ensino Médio, bem como seus segmentos com os subtemas: raios gama, raios-X e raios ultravioletas.

A proposta didática, aqui denominada Unidade de Aprendizagem (UA), foi definida para discutir o tema radiação, na disciplina de Física, no currículo escolar do Ensino Médio. Um dos principais objetivos, na elaboração da UA, foi contemplar uma dimensão de Educação Ambiental, pensando na realidade do aluno como cidadão de direitos e deveres, capaz de entender e atuar sobre as tecnologias e os fenômenos naturais presentes em seu cotidiano. Concordamos com Pietrocola (2001, p.15) quando menciona que as tecnologias "apesar de nem sempre comporem o cotidiano imediato dos indivíduos, nem por isso deixam de ser fundamentais para a vida em sociedade e dessa forma constituir-se em desafios ao nosso entendimento".

Com isto, fez-se necessário elaborar as atividades desenvolvidas na UA se distanciando dos métodos tradicionais das aulas de Física que, em grande parte, com ênfase nos cálculos, são apoiados por listas de exercícios descritas nos livros didáticos.

Fazendo uma breve reflexão sobre o programa tradicional de ensino de Ciências, Maldaner & Zanon (2004, p.49) declaram que "os conteúdos, os novos conceitos e as linguagens continuam pouco relacionados entre si e aos contextos sociais de vivência fora da escola, resultando em aprendizados superficiais e restritos, que não contribuem para o desenvolvimento das potencialidades humanas e sociais, ao contrário do que se espera que aconteça com um bom ensino de Ciências".

Nesse contexto, os autores são bastante explícitos ao destacar que "os conteúdos do ensino de Ciências têm sido marcados pela forma essencialmente disciplinar de organização", onde os "livros didáticos acabam determinando os programas de ensino, os modelos de estudo e de formação escolar", o que resulta no "pouco aprendizado" dos adolescentes e jovens (MALDANER & ZANON, 2004, p.45).

Deixamos claro que, de forma alguma somos contra os livros didáticos no ensino de Ciências, apenas estamos procurando qualificar as aulas de Física

utilizando outros recursos, onde a contextualização com o cotidiano do educando se tornou uma aspiração constante.

Para tanto, Pietrocola (2001, p.15) ressalta a importância do conhecimento científico onde, por exemplo, "a simples decisão quanto à realização ou não de determinado exame, como uma tomografia computadorizada, implica um mínimo conhecimento científico. O mesmo valeria na escolha de tratamentos para um amigo ou familiar doente".

Considerando esses aspectos, elaboramos a proposta didática, ou seja, uma unidade de aprendizagem (UA), buscando suscitar discussões sobre os cuidados com a saúde, contaminação ambiental, perigos radioativos, tecnologias médicas, entre outros, potencializando dessa forma as aplicações práticas.

Uma UA é um tipo de "estruturação curricular que permite superar o planejamento seqüencial apresentado nos livros-texto, sendo adequada a propostas interdisciplinares por envolver atividades estrategicamente selecionadas sobre um determinado tema, valorizando o conhecimento prévio dos alunos e possibilitando a evolução de conceitos" (GONZÁLES, 1999, Apud ROCHA FILHO et al., 2006, p.3).

Um dos princípios metodológicos da UA é "trabalhar em sala de aula sustentados pelo questionamento, pelo diálogo, pela leitura, pela escrita, pela construção de argumentos mais complexos, porque entendemos que isso nos torna, enquanto alunos e professores, mais competentes" (GALIAZZI et al., 2004, p.72)

O planejamento das atividades, que fazem parte da UA, apresentadas neste trabalho, demonstra apenas uma das possíveis maneiras de abordar o tema radiação. As atividades podem ser estruturadas de acordo com outros contextos e interesses, sem estar restrito somente ao que vem sendo definido nos livros textos.

Entendemos a UA como uma estratégia para minimizar a descontextualização e fragmentação do currículo. Da mesma maneira que a "preocupação em organizar os processos de ensino e de aprendizagem em Ciências na forma de temas amplos como, por exemplo, alimentação, saúde, energia, universo e ambiente tem sido utilizada por educadores que desejam superar a disciplinaridade" e, que desejam desenvolver uma metodologia de ensino com uma perspectiva de Educação Ambiental (MALDANER & ZANON, 2004, p.46).

Dentre os diversos pesquisadores educadores que estão comprometidos com a práxis educativa para a melhoria do ensino de Ciências, achamos interessante

mencionar um projeto de pesquisa desenvolvido no âmbito do Gipec-Unijuí (Grupo Interdepartamental de Pesquisa sobre Educação em Ciência), intitulado Situação de Estudo (SE), que mostra mais uma forma de organização curricular, visto algumas semelhanças com a proposta didática denominada unidade de aprendizagem.

Desta forma, o projeto conhecido como Situação de Estudo (SE) é uma concepção de ensino, desenvolvida interdisciplinarmente a partir de uma situação real, da vivência dos estudantes, que tem por objetivo "investigar a evolução conceitual atingida nos processos de ensino-aprendizagem desenvolvidos em forma de Situação de Estudo em sala de aula", "verificar, também, as concepções epistemológicas e a produção do conhecimento sobre o currículo em Ciências" e, com a pesquisa, deseja-se "investigar até que ponto a SE se constitui na prática como uma nova organização curricular que possa proporcionar, aos licenciados, professores em serviço e alunos da escola básica, aprendizagens que os levem a entender e a solucionar situações que surgem em seu cotidiano" (AUTH et al., 2004, p.254).

Com o mesmo desejo de transcender a disciplinaridade no ensino de Ciências, tornando a aprendizagem mais consistente para a realidade dos educandos, achamos importante destacar que a UA foi "alicerçada no diálogo", "na busca da explicitação do conhecimento do aluno", onde o "questionamento, a problematização do discurso do grupo" possibilitou refletir o entendimento e algumas limitações na compreensão dos conceitos envolvidos" (GALIAZZI et al., 2004, p.75).

Durante o desenvolvimento da UA, foram estabelecidas relações com a proposta de Delizoicov (1992, p.29), onde são fundamentados três "momentos pedagógicos". As especificidades de cada um desses momentos são as seguintes:

1°) Problematização inicial

Foram apresentadas questões/situações para discussão com os alunos. Mais do que simples motivação para se introduzir um conteúdo específico, a problematização inicial visou à ligação desse conteúdo com situações reais que os alunos conheciam e presenciavam, mas que não conseguiam interpretar completa ou corretamente porque provavelmente não dispunham de conhecimentos científicos suficientes.

2°) Organização do conhecimento

Os conhecimentos de Física necessários para a compreensão do tema central e da problematização inicial foram sistematicamente estudados, sob orientação da

pesquisadora. Definições, conceitos, relações, leis, apresentadas no texto introdutório, foram aprofundados.

3°) Aplicação do conhecimento

Destinou-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vinha sendo construído pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram o seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento.

4.1 Estrutura da Unidade de Aprendizagem

Como mencionamos, o estudo da radiação, nas aulas de Física do Ensino Médio, foi o tema gerador da UA. Entretanto, por se tratar de um assunto muito amplo, de acordo com os interesses dessa pesquisa, restringimo-nos em abordar os raios gama, os raios-X e os raios ultravioletas.

Para melhor organizar e estruturar a UA, conforme descrito no capítulo 3 seção 3.5, utilizamos a técnica de redes sistêmicas. Desta maneira, os conceitos que foram inicialmente trabalhados com os alunos, durante o desenvolvimento da UA, estão dispostos na rede sistêmica a seguir, onde podemos fazer a seguinte leitura:

A radiação quanto a sua natureza foi considerada em termos de geração de energia e de interação com a matéria. Na geração de energia foi considerado que, através da carga elétrica, do campo elétrico e do campo magnético, é possível produzir radiação ionizante e não ionizante, e as mesmas se diferenciam devido à freqüência e ao comprimento de onda (λ). Foi ilustrado o espectro magnético compreendendo as radiações desde a freqüência das ondas de rádio até a freqüência dos raios gama. E, em relação à interação com a matéria, foi considerado que através do nível atômico podemos sofrer conseqüências físicas, químicas e biológicas. Lembrando que os conceitos mencionados na rede sistêmica estão definidos no capítulo 2 seção 2.6.

RADIAÇÃO

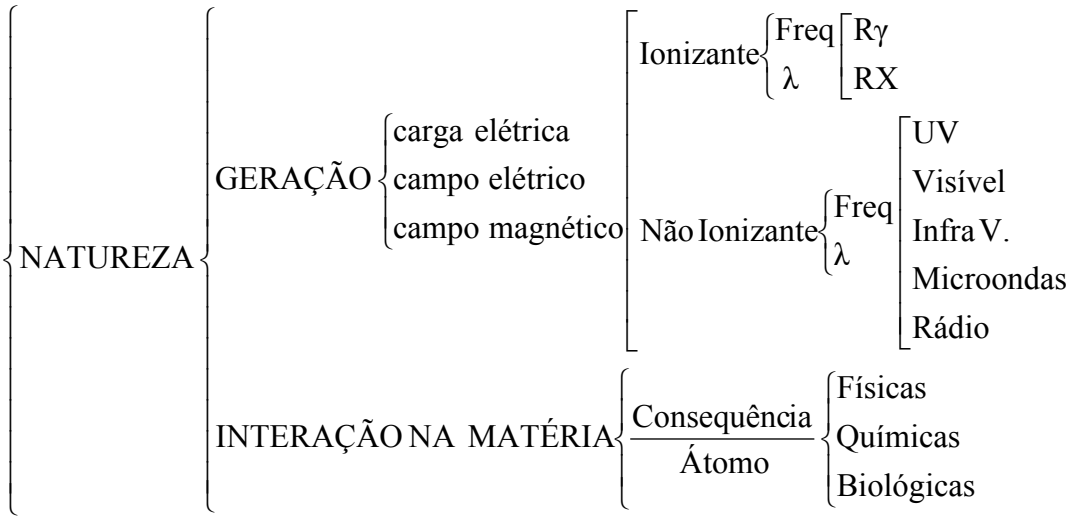


Figura 08 - Rede sistêmica da radiação.

Considerando esses conceitos, que foram necessários para a compreensão das radiações, desenvolvemos o primeiro subtema da UA, ou seja, conseqüência a radiação gama.

4.1.1 Radiação Gama

Diante das diversas possibilidades, para apresentar as definições da radiação gama, optamos por relatar o acidente radiológico ocorrido em Goiânia (AG) com uma fonte de radiação gama de Césio-137 (veja capítulo 2 seção 2.6.4). O recurso utilizado, para iniciar a discussão, foram as fotos que retratavam o local do acidente, as pessoas envolvidas, os danos biológicos causados pela exposição e contaminação, os rejeitos radioativos, a monitoração efetuada pela equipe técnica, entre outras. Na medida em que as fotos foram sendo visualizadas na televisão, através do aparelho de DVD, as teorias relacionadas com a radiação gama puderam ser expressas.

Desta maneira, a rede sistêmica, na figura 09, nos permite entender algumas das questões trabalhadas com os alunos sobre o AG onde, podemos fazer a seguinte leitura:

O Acidente de Goiânia foi discutido em termos do próprio aparelho de radioterapia. Analisamos a partir da fonte radioativa de césio os conceitos físicos de atividade da fonte, meia vida e decaimento radioativo, enfatizando nestes tópicos o cuidado que se deve ter com as tecnologias que utilizam a radiação e, ao mesmo tempo, a importância do tratamento com radiação contra o câncer. Ao abordar os

problemas ambientais causados pelo AG, achamos necessário ressaltar a contaminação que ocorreu na época, envolvendo uma grande equipe profissional para amenizar a situação e os efeitos biológicos da radiação, que vão desde queimaduras até a morte dos indivíduos, provocados pela contaminação e/ou exposição ao material radioativo.

Outro fator importante descrito foi a questão dos rejeitos radioativos, gerados pelo recolhimento dos objetos contaminados pelo césio. Neste tópico, retomamos os conceitos físicos de atividade, meia vida e decaimento radioativo com o objetivo de salientar que não se tratou de qualquer tipo de lixo ou rejeito, e sim de um lixo radioativo, altamente perigoso para a sociedade quando armazenado de forma inadequada.

O símbolo internacional das radiações foi trazido às discussões, visando a uma identificação do mesmo e, maior cuidado quando se está em locais que utilizam material radioativo. E, no que se refere aos problemas sociais causados pelo AG, discutimos a falta de responsabilidade, o descaso das autoridades que, no abandono de uma clínica de radioterapia, com um equipamento médico contendo uma fonte ativa de césio, provocou inúmeros danos para a população.

Quanto aos catadores de sucata, que pareciam estar diante de uma fonte de renda, com a venda do equipamento, ficou a reflexão das conseqüências da ação ingênua, da desinformação e da falta de conhecimento que acarretou neste trágico acidente.

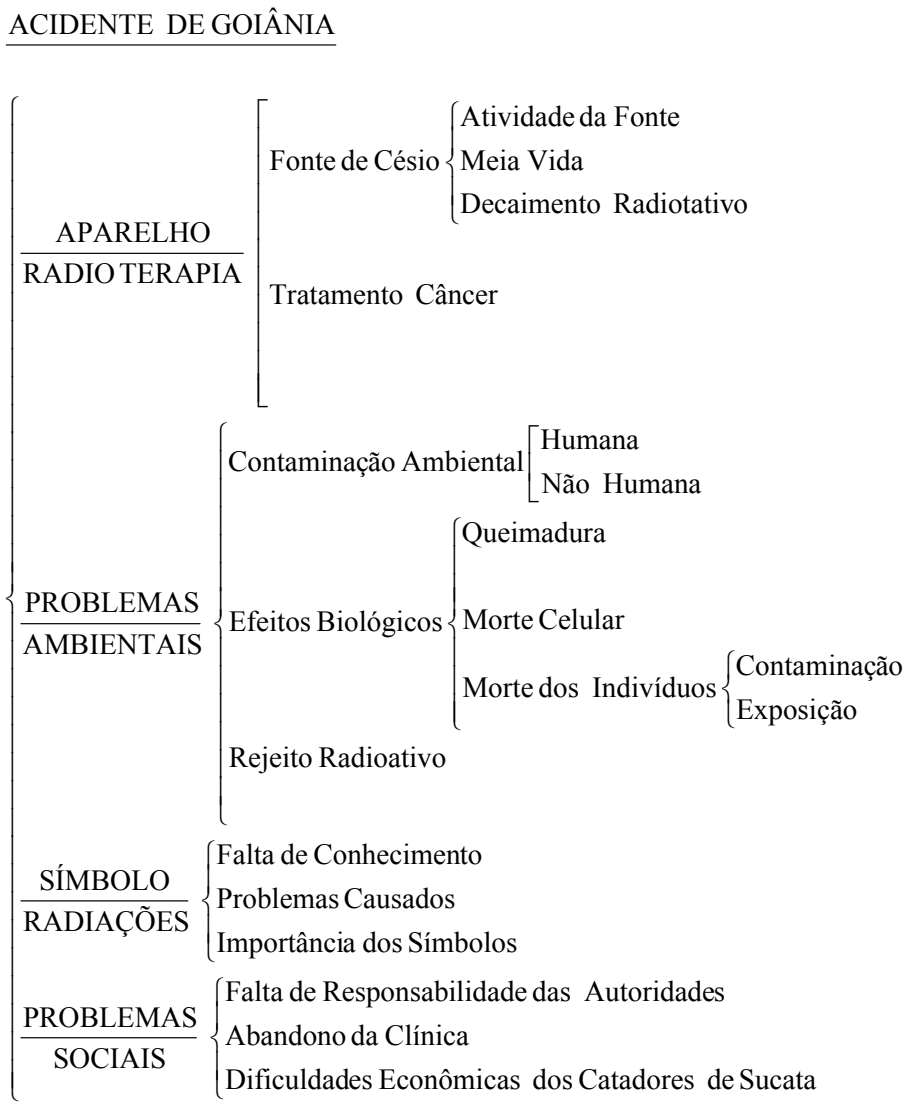


Figura 09 - Rede sistêmica do acidente de Goiânia.

4.1.2 Radiação-X

O segundo subtema desenvolvido na UA foi sobre os raios-X, veja capítulo 2 seção 2.6.3.6. A rede sistêmica, na figura 10, apresenta algumas das questões desenvolvidas na UA. Dessa forma, podemos fazer a seguinte leitura:

Inicialmente, localizamos a freqüência dos raios-X no espectro eletromagnético e discutimos como ocorre a sua produção, diferenciando da radiação gama. Para problematizar essas diferenças, apresentamos aos alunos um tubo de raios-X que foi levado para a sala de aula. Esclarecemos que se tratou de um tubo desativado, usado para estudo; cedido pelo laboratório de Física da FURG.

A demonstração do tubo de raios-X gerou curiosidade e medo de alguns alunos, que acreditavam ali estar presente a radiação. Conforme as diferenças entre as radiações foram sendo analisadas, muitos alunos se aproximaram do tubo fazendo observações e questionamentos.

Com isto, começamos a apontar as aplicações do uso dessa técnica de imagem, mencionando principalmente a sua utilidade na medicina e na indústria. Disponibilizamos algumas imagens radiográficas do corpo humano que foram observadas sob o ponto de vista da densidade das estruturas. Concluímos que os ossos, por apresentarem maior densidade, bloqueiam parte da radiação produzindo a imagem no filme através do contraste. Neste momento, houve relatos dos alunos, visto que grande parte havia feito exames de raios-X, mas não sabia como se processava a imagem.

Relacionando para as questões ambientais, procuramos discutir as vantagens dos raios-X na medicina, nos exames e nos procedimentos cirúrgicos, assim como na indústria, que oferece mais qualidade e segurança com a possível visualização de rupturas ou fendas nas estruturas.

Além disso, avaliamos as desvantagens dessa técnica de imagem, quando não se tem a proteção radiológica adequada como, por exemplo, os efeitos biológicos provocados pela radiação. Para chamar a atenção dos alunos, levamos algumas fotos dos efeitos biológicos provocados em pacientes expostos indevidamente aos raios-X, que foram visualizadas na televisão com o auxílio do DVD. Contudo, para ressaltar a necessidade de cuidados especiais ao ser feito um exame radiológico, médico ou odontológico, apresentamos aos alunos um EPI, equipamento de proteção individual, de tórax e de tireóide. Os alunos também foram questionados sobre a importância de seguir as orientações dos técnicos assim como informar se a paciente é gestante, para evitar riscos ao feto em desenvolvimento. A seguir é apresentada a rede sistêmica e algumas das fotos que revelam a dinâmica referida anteriormente.

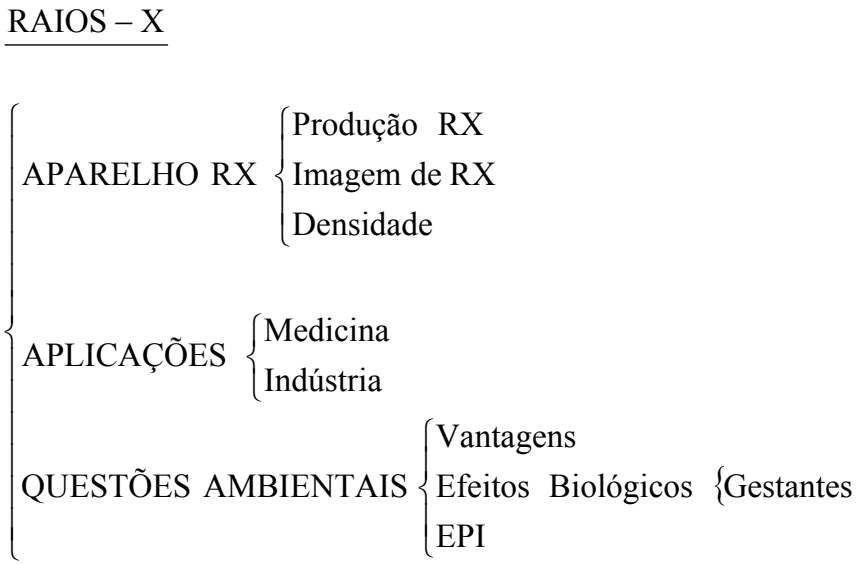


Figura 10 - Rede sistêmica dos RX.

Figura 11 - Fotos da dinâmica em aula com o tubo de RX e com o EPI.

4.1.3 Radiação Ultravioleta

Por fim, o último subtema desenvolvido na UA foi sobre os raios ultravioletas (RUV), provenientes do Sol e das câmaras de bronzeamento artificial (BA), veja capítulo 2 seção 2.6.3.5.

O planejamento dos tópicos relacionados à radiação ultravioleta foi conduzido pelos próprios alunos, através de pesquisas e atividades em grupos. Como resultado desse trabalho, todos os grupos fizeram uma espécie de seminário, com os respectivos assuntos escolhidos, apresentando para os colegas. Esclarecemos que os tópicos, distribuídos para a análise dos alunos, foram definidos pela pesquisadora, conforme os objetivos da pesquisa.

A estratégia de possibilitar ao aluno desenvolver o papel principal, com autoria no planejamento e na apresentação dos temas, surgiu com a percepção de que os encontros poderiam se tornar cansativos, com reflexos na aprendizagem, caso toda a explanação fosse conduzida pela pesquisadora. No entanto, essa iniciativa decorreu durante o andamento da UA. A seguir faremos a leitura da rede sistêmica, na figura 12, que apresenta alguns dos temas estudados e apresentados pelos alunos.

Nos trabalhos apresentados pelos alunos, foram definidos os intervalos da radiação ultravioleta (UVA, UVB e UVC) conforme as suas características. Da mesma maneira, foi explicado o funcionamento das câmaras de bronzeamento artificial, seus efeitos na pele e as conseqüências para a saúde humana. Lembrando que um dos entrevistados fez uma espécie de pesquisa, ao ligar para uma clínica estética, solicitando informações sobre formas de bronzeamento, veja capítulo 5 seção 5.4.3.

Quanto à prevenção contra os efeitos indesejados da RUV, foi apresentado o ABCD do câncer de pele, tema que gerou curiosidade. Num clima descontraído, os alunos identificavam e relatavam as características dos sinais e manchas encontrados na pele. Também foi explicada a importância dos utensílios de proteção como bonés, camisetas, protetores solares, óculos com lentes foto-protetoras entre outros, conforme os horários de exposição ao Sol e a estação do ano. Foi destacado que os efeitos nocivos do Sol não estão associados somente ao Verão.

Um dos grupos apresentou um painel sobre os tipos de pele e a proteção recomendada, alertando para o fato de que as pessoas com olhos e pele mais claras, assim como as crianças, devem ter os cuidados intensificados, por serem mais sensíveis aos efeitos da radiação, o que não significa que as pessoas da raça negra não sofram as conseqüências da radiação solar. Ainda quanto à prevenção, foi definido o índice ultravioleta, relacionando com os horários de exposição ao Sol e com o tipo de proteção necessária.

Para os efeitos biológicos, foi apresentado como conseqüência das agressões provocadas pelo Sol, o câncer de pele, o envelhecimento precoce, as manchas na pele, as alergias e, com efeito, nos olhos, a catarata.

Os alunos participaram ativamente, a motivação e a curiosidade foram fatores importantes para a qualidade da apresentação dos trabalhos. Evidenciamos que, após a apresentação, quando necessário, a pesquisadora fez algumas problematizações

para garantir novas reflexões do contexto em destaque. Vejamos a rede sistêmica e as fotos com alguns dos momentos que antecederam a apresentação dos grupos.

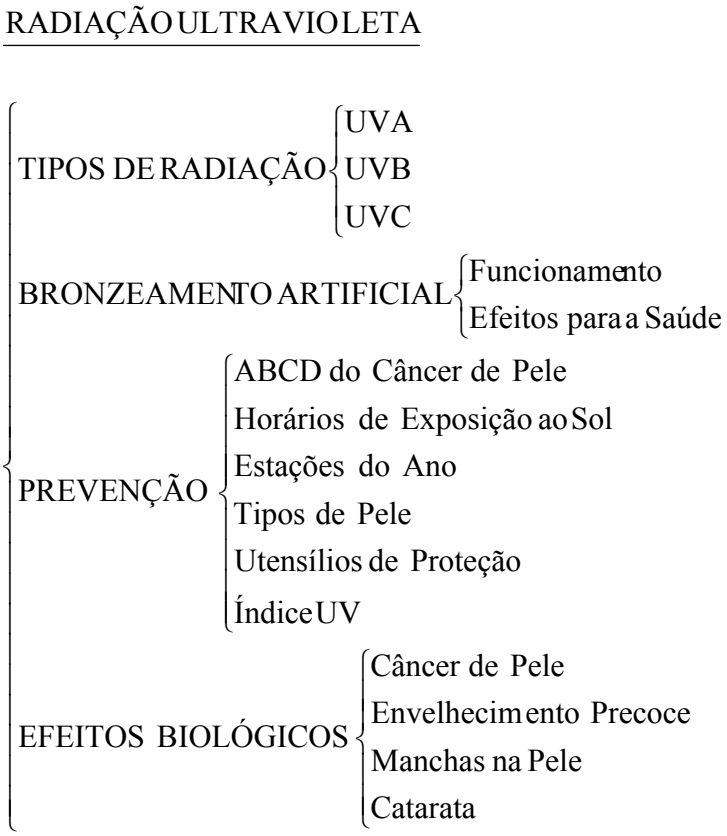


Figura 12 - Rede sistêmica dos raios UV.

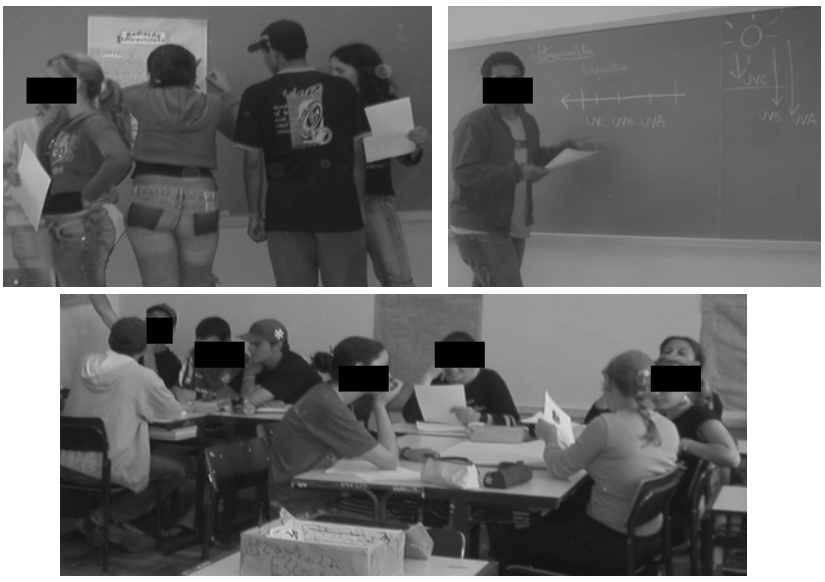


Figura 13 - Fotos dos alunos na preparação dos trabalhos sobre os raios UV.

V - ANÁLISE DOS RESULTADOS

> Neste capítulo apresentamos a análise dos dados obtidos na pesquisa, sobre o tema proposto, através de técnicas qualitativas e quantitativas conforme descrito no capítulo 3.4.

Para descrever e interpretar os resultados da análise dos dados, dos quatro instrumentos de coleta de dados, foram utilizadas redes sistêmicas, gráficos e tabelas conforme será mencionado nos seguimentos a seguir.

5.1 Análise do Instrumento 1: Questionário das idéias dos alunos sobre radiação

Para facilitar a discussão dos resultados e a leitura do texto, é apresentada em cada questão uma rede sistêmica, conforme descrito no capítulo 3 seção 3.5, com as categorias provenientes das idéias expostas pelo grupo de 25 alunos, sobre as questões do primeiro instrumento de coleta de dados, com o tema radiação. Este instrumento foi analisado qualitativamente, mas achamos conveniente definir quantas vezes as mesmas idéias foram mencionadas pelos alunos, através dos números, entre parênteses, que aparecem em cada rede sistêmica. O formato de algumas questões permitiu que os estudantes dessem várias respostas, de modo que a soma das citações excede o total de respondentes.

5.1.1 Análise da questão 01

Você já ouviu falar em radiação?

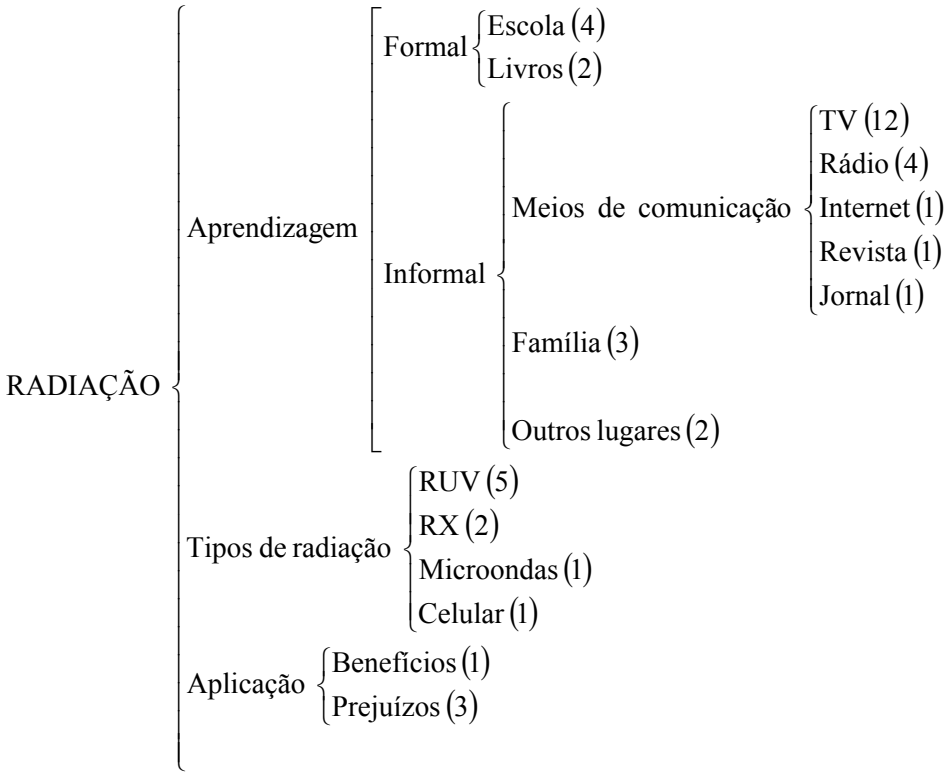


Figura 14 - Rede sistêmica com a categoria dos comentários dos alunos sobre a questão 01.

Apenas um dos alunos assinalou a alternativa de não ter ouvido falar sobre a radiação, enquanto que o restante do grupo, ou seja, os outros vinte e quatro alunos responderam que sim, que já teriam ouvido falar. A mesma questão ofereceu mais de uma possibilidade de interpretação, visto que os alunos responderam onde ouviram falar da radiação, os seus exemplos e alguns comentários sobre os seus benefícios e prejuízos. Assim, definimos as três subcategorias principais como consta na rede sistêmica.

A primeira subcategoria, definida como aprendizagem, expressa que o conhecimento sobre a radiação foi estabelecido através do ensino formal e do ensino informal. A divisão formal e informal deve-se as diferenças nas características do processo de ensino-aprendizagem.

Para o ensino formal classificamos as respostas relacionadas à escola, mencionada por apenas quatro participantes, e aos livros didáticos, pois conforme Gohn (2006) a "educação formal é aquela desenvolvida na escola, nas instituições

organizadas segundo diretrizes nacionais, com conteúdos previamente demarcados, historicamente sistematizados, normatizados por leis onde o educador é o professor". E, para o ensino informal destacamos, dentre os meios de comunicação, a televisão visto que foi mencionada por doze participantes. A mesma autora define a educação informal como "aquela que os indivíduos aprendem durante seu processo de socialização, carrega valores e culturas próprias, desenvolve hábitos, atitudes, comportamentos, modos de pensar e de se expressar no uso da linguagem, onde os agentes educadores são os pais, a família em geral, os amigos, os vizinhos, colegas de escola, a igreja paroquial, os meios de comunicação de massa, etc" (GOHN, 2006).

A segunda subcategoria, definida como tipos de radiação, expressa os exemplos de radiação, destacando-se a radiação ultravioleta (RUV) que foi mencionada por cinco participantes.

A terceira subcategoria, definida como aplicação das radiações, demonstra que apenas uma das respostas caracterizou o benefício gerado pelo uso da radiação contrapondo as outras três que caracterizaram o prejuízo causado.

É importante enfatizar que muitos alunos, ao relatarem onde ouviram falar sobre a radiação, usaram as expressões "não sei especificamente o que é", "é algo prejudicial", "saber mesmo o que é eu não sei", "não sei definir o que é". Isto sugere uma insegurança ou desconhecimento do assunto. Podemos atribuir estas evidências ao vínculo dos posicionamentos com a aprendizagem informal, visto que a mesma "não é organizada, os conhecimentos não são sistematizados, os resultados não são esperados, eles simplesmente acontecem a partir do desenvolvimento do senso comum dos indivíduos, senso este que orienta suas formas de pensar e agir espontaneamente" (GOHN, 2006).

Ainda que aprendizagem informal seja importante, ela implica a reprodução do conhecimento "segundo os modos e as formas como foram apreendidas e codificadas", não requer aprofundamento ou problematizações dos conceitos e das teorias envolvidas, o que então poderia ser atribuído ao sistema formal de ensino (GOHN, 2006). Desta forma, cabe o desafio de articular as diferentes abordagens de ensino-aprendizagem para esclarecer melhor as necessidades dos alunos.

5.1.2 Análise da questão 02

Dos símbolos abaixo qual está relacionado com radiação:

SÍMBOLOS
- Inflamável (0)
- Tóxico (1)
- Corrosivo (0)
- Radioativo (12)
- Explosivo (10)
- Não Sabiam (4)

Figura 15 - Rede sistêmica com a categoria dos comentários dos alunos sobre a questão 02.

A questão 02 apresentou cinco símbolos, veja Apêndice 2, dos quais somente um estava relacionado com a radiação.

De acordo com a rede sistêmica, apenas um dos participantes assinalou a alternativa referente às substâncias tóxicas, quatro assinalaram não saber qual das alternativas estava relacionada com a radiação, dez assinalaram o símbolo que identificava substâncias explosivas, enquanto que os outros doze participantes associaram corretamente o símbolo com seu significado.

Porém, destes doze alunos que identificaram a alternativa correta, dois deles marcaram simultaneamente dois símbolos, sugerindo incerteza. Podemos então estabelecer que dez participantes associaram corretamente o símbolo radioativo.

O número de participantes que fez a associação correta foi considerado satisfatório, ainda que este símbolo tenha aplicação no cotidiano da sociedade, como é comum em hospitais e consultórios odontológicos com salas de RX, em clínicas de radioterapia e de medicina nuclear, fator que poderia facilitar o seu reconhecimento e potencializar maior identificação, pelo restante do grupo. Mas, também entendemos que a rotina hospitalar pode não fazer parte da vida do educando, de maneira que não seria através destes locais o reconhecimento do símbolo internacional da radiação.

5.1.3 Análise da questão 03

Dos tipos de radiação abaixo marque as que você já ouviu falar:

TIPOS DE RADIAÇÕES
- R γ (0)
- RX (22)
- RUV (22)
- RV (0)
- RIV (15)
- Não ouvi falar das radiações (1)

Figura 16 - Rede sistêmica com a categoria dos comentários dos alunos sobre a questão 03.

Observa-se na rede sistêmica que, com vinte e duas citações, a maioria afirmou ter ouvido falar sobre os RX e a RUV e, logo após, com quinze citações foi indicada a radiação infravermelha (RIV), enquanto que a radiação gama e a radiação visível (RV) não tiveram nenhum registro.

A radiação visível, também chamada de luz visível, fica reservada à região do espectro eletromagnético que é capaz de estimular nossa visão e, com isto, conseguimos enxergar o mundo a nossa volta (veja capítulo 2 seção 2.6.3.4).

A parte da Física que estuda a natureza da luz e os fenômenos luminosos é denominada Óptica. De acordo com as orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), para o ensino médio, o "tema estruturador 4: Som, Imagem e Informação" apresenta sugestões para organizar as atividades de maneira a "propiciar competências para compreender, interpretar e lidar de forma apropriada com aparatos tecnológicos, como a televisão, os aparelhos de CDs e DVDs, o computador, o cinema ou mesmo a fotografia" (BRASIL, 1999, p.26).

Com a análise das respostas, evidenciamos na questão 3 a dificuldade que os participantes tiveram para relacionar a radiação visível com a luz, demonstrando a necessidade de contextualizar as teorias envolvidas com o cotidiano do aluno e, efetivar uma aprendizagem significativa (veja capítulo 2 seção 2.4).

5.1.4 Análise da questão 04

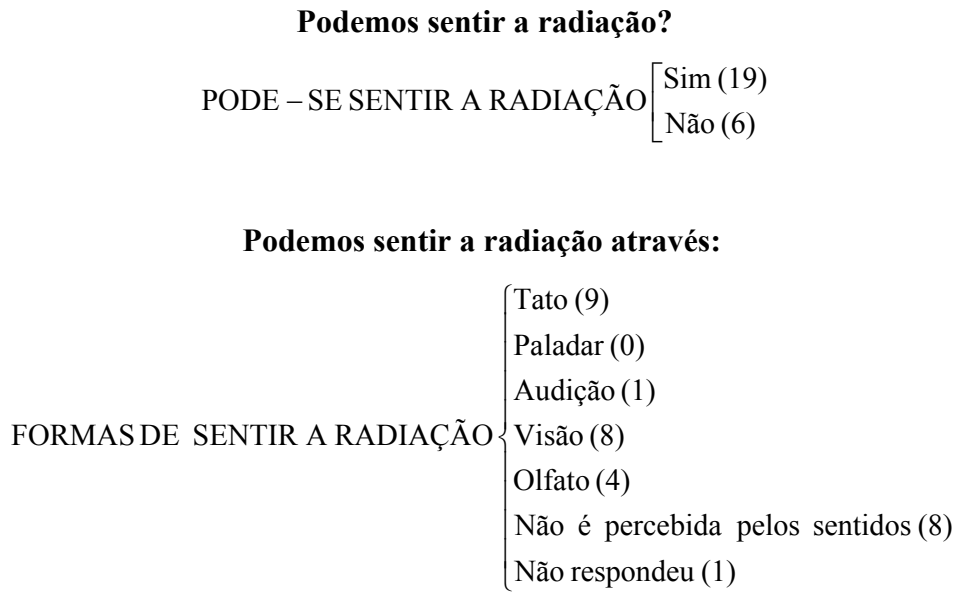


Figura 17 - Redes sistêmicas com as categorias dos comentários dos alunos sobre a questão 04.

A primeira rede sistêmica mostra que dezenove participantes acreditam que podemos sentir a radiação, enquanto que os outros seis se posicionaram com opinião contrária, definindo que a radiação é imperceptível aos sentidos humanos.

A segunda rede mostra os comentários para as formas de sentir a radiação onde oito alunos definiram que esta não é percebida por nossos sentidos. Lembrando que, anteriormente, esta idéia foi compartilhada por apenas seis alunos.

Destacam-se nesta rede sistêmica o sentido do olfato, da visão e do tato citados respectivamente quatro, oito e nove vezes. Para estas expressões, entendemos que os participantes relacionam suas respostas, na forma de sentir a radiação, com o RX, RUV e RIV conforme os posicionamentos da questão anterior.

As radiações ionizantes e parte das radiações não ionizantes são imperceptíveis aos sentidos humanos (veja o capítulo 2 seção 2.6.5). Porém a radiação infravermelha é perceptível por meio do calor que é a própria energia desta faixa de radiação, com isto evidenciamos que o aluno expressa sentir a radiação através do tato, ou seja, da sensação de calor na pele. Também a radiação visível, conforme o seu nome é percebida pela nossa visão. Isto acontece porque a faixa da radiação visível sensibiliza a nossa retina e isto é traduzido em uma imagem.

Mas, entendemos que, ao definir que uma das formas de sentir a radiação é através da visão, o aluno não está se referindo à radiação visível, visto que na questão

anterior (03) esta alternativa não foi mencionada por nenhum dos vinte e cinco participantes.

5.1.5 Análise da questão 05

As radiações possuem os mesmos efeitos nos seres vivos?

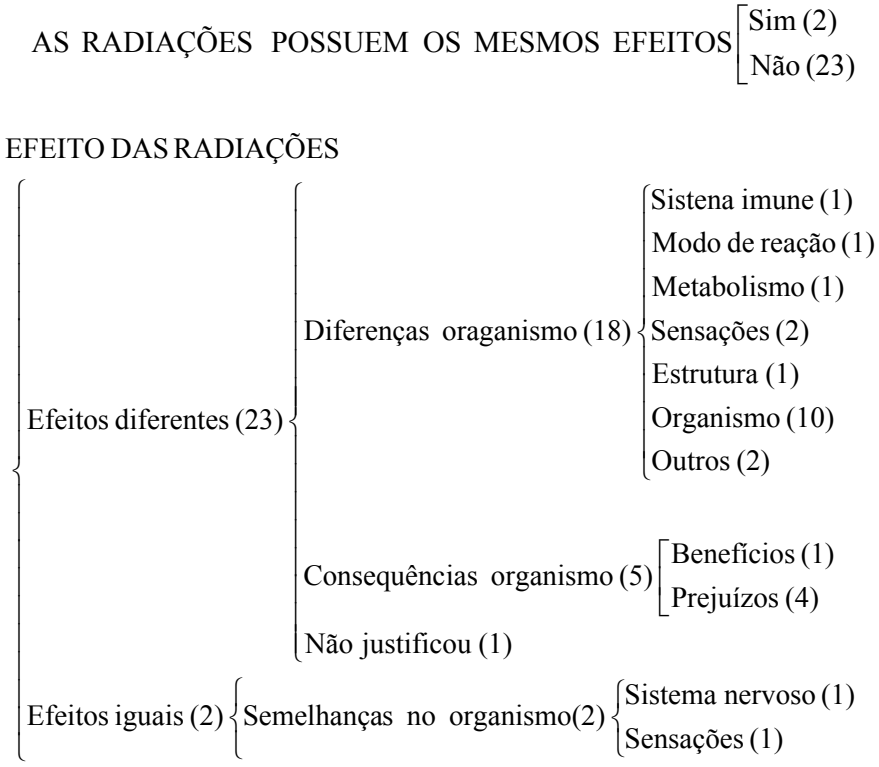


Figura 18 - Redes sistêmicas com as categorias dos comentários dos alunos sobre a questão 05.

A primeira rede sistêmica demonstra que vinte e três alunos responderam que as radiações possuem efeitos diferentes nos seres humanos, enquanto que dois alunos responderam que possuem os mesmo efeitos. Dessas idéias, surgiram as duas subcategorias principais da segunda rede sistêmica.

A subcategoria efeitos diferentes se destaca por apresentar os comentários das diferenças do organismo com dezoito citações, e por apresentar as conseqüências das radiações, com cinco citações, enquanto a subcategoria efeitos iguais mostra as semelhanças do organismo humano para os efeitos das radiações.

Na análise destes comentários, evidenciamos que os alunos expressam suas idéias apontando apenas as diferenças e as semelhanças no organismo humano. Desta forma, não demonstraram relatos de que as radiações, por possuírem características

diferentes, têm efeitos também diferentes na interação com o organismo (veja capítulo 2 seção 2.6.5).

5.1.6 Análise da questão 06

Você sabe a diferença entre a radiação ionizante e a radiação não ionizante?

DIFERENÇAS: RADIAÇÃO IONIZANTE E NÃO IONIZANTE
- Sim (0)
- Não (25)

Figura 19 - Rede sistêmica com a categoria dos comentários dos alunos sobre a questão 06.

A rede sistêmica da questão 06 demonstra que as respostas foram unânimes, onde os vinte e cinco participantes manifestaram não saber a diferença entre a radiação ionizante e a radiação não ionizante. Embora os alunos, de um modo geral, já tenham ouvido falar sobre as radiações, eles não conseguem fazer esta distinção.

Pela importância do assunto, das características específicas da radiação, que implicam conhecer melhor as tecnologias utilizadas no cotidiano, faz-se necessário insistir para que o estudo das radiações seja inserido, com maior ênfase, nas aulas de Física. Assim, acreditamos que vai possibilitar aos alunos outras oportunidades para construírem o entendimento deste tema, que está tão presente em nossa realidade.

5.1.7 Análise da questão 07

O uso das radiações que você conhece, pode contribuir favoravelmente para a vida humana?

CONTRIBUIÇÕES FAVORÁVEIS
- Sim (17)
- Não (8)
- Talvez (1)

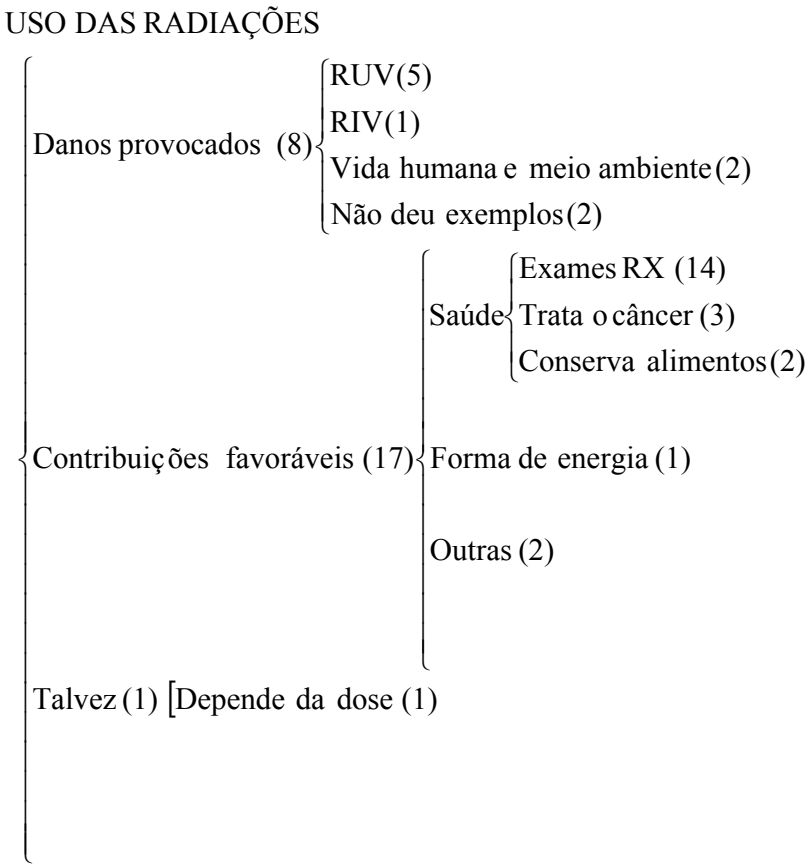


Figura 20 - Redes sistêmicas com as categorias dos comentários dos alunos sobre a questão 07.

A primeira rede sistêmica demonstra que dezessete alunos responderam que as radiações podem contribuir favoravelmente para a vida humana, oito alunos responderam que não podem contribuir, enquanto que apenas um demonstrou certa imprecisão usando a palavra talvez. Dessas idéias, surgiram as três subcategorias principais da segunda rede sistêmica.

A subcategoria danos provocados se destaca por apresentar a RUV, com cinco citações, e por apresentar os danos à vida e ao meio ambiente, com duas citações. Enquanto que a subcategoria contribuições favoráveis mostra os benefícios para a saúde, explicitando o uso de RX, com catorze citações, o tratamento contra o câncer, três citações, e a conservação de alimentos, com duas citações.

Surgiu também, nas contribuições favoráveis, citado por um aluno, que a radiação é uma forma de energia. Por ser um tema atual em nossa sociedade, poderíamos esperar mais respostas sobre este aspecto, visto que a geração de energia nuclear é uma das alternativas usadas em muitos países, inclusive no Brasil, para amenizar os efeitos decorrentes da crise energética, "dado o crescimento populacional, há uma demanda maior de produção de energia" e conseqüentemente o

“aumento do consumo das matérias e fontes básicas de energia” (LANDULFO, 2005, p.117).

A última subcategoria, denominada talvez, expressa que a radiação pode trazer benefícios, mas vai depender da dose, no caso de um tratamento ou diagnóstico.

5.1.8 Análise da questão 08

Dos tipos de tecnologia abaixo, quais você acredita que podem utilizar a radiação:

Figura 21 - Rede sistêmica com a categoria dos comentários dos alunos sobre a questão 08.

A questão 08 possibilitou ao aluno identificar as tecnologias que utilizam radiação e citar exemplos para cada alternativa, conforme a rede sistêmica que apresenta as seis subcategorias: Medicina; Eletrônica; Indústria; Guerra; Geração de energia e Não ouvi falar das tecnologias.

As tecnologias na área da medicina são as mais conhecidas pelos alunos, com vinte e três citações, onde o equipamento de RX se apresenta em destaque, com vinte citações. Entendemos neste reconhecimento um processo normal, pois é comum que todos já tenham feito algum exame no hospital usando RX, ou em um consultório odontológico, mesmo que não se tenha o conhecimento do tipo de radiação que envolve o uso desta tecnologia. Porém a radioterapia, citada uma vez, demonstra que não é uma tecnologia tão conhecida pelos alunos.

A segunda subcategoria se refere às tecnologias eletrônicas, citadas dez vezes, destacando-se nos exemplos a RIV com três citações e o aparelho de TV com duas citações. Dois participantes não relataram exemplos para esta categoria.

A terceira subcategoria, com apenas sete participantes, expressa o uso da radiação na indústria. Desta forma, destacamos as máquinas com três citações, onde não é especificado o tipo de máquina, a geração de energia com uma citação, os aspectos relativos aos alimentos com duas citações, e um dos participantes não relatou o seu exemplo.

Vale lembrar que as radiações, quando usadas corretamente nos, trazem muitos benefícios, por exemplo, a indústria se utiliza destes conhecimentos para esterilizar materiais, utensílios hospitalares, alimentos para melhor conservação. Também é usada para detectarem falhas em equipamentos, tubulações, navios e em aviões, contribuindo para melhorar a segurança e a qualidade dos produtos (veja capítulo 2 seção 2.6.3.6 e 2.6.3.7).

A tecnologia de guerra foi a segunda subcategoria mais mencionada, com quinze participantes. Para este tipo de tecnologia, destacaram-se as bombas, onze citações, a RIV, duas citações e, logo após as armas e explosivos com uma citação para cada caso. Não é novidade para os alunos o uso de material radioativo na produção de artefatos de guerra, pois eles têm a oportunidade de estudar na disciplina de História fatos marcantes como os acontecimentos de Hiroxima e Nagasaki.

A tecnologia geração de energia foi a subcategoria menos reconhecida pelos participantes, com apenas seis citações. Entre os exemplos, destacamos a usina nuclear, quatro citações, e a fábrica com uma citação. Um dos participantes não citou

exemplos. Como evidenciamos na questão 07, esperávamos mais comentários dos alunos sobre a energia nuclear.

A última subcategoria revela que dois participantes assinalaram não conhecer nenhuma das tecnologias citadas acima que usam radiação.

5.1.9 Análise da questão 09

Alguns alimentos estão sendo irradiados para sua maior conservação, você acredita que este processo pode prejudicar a saúde dos seres humanos?

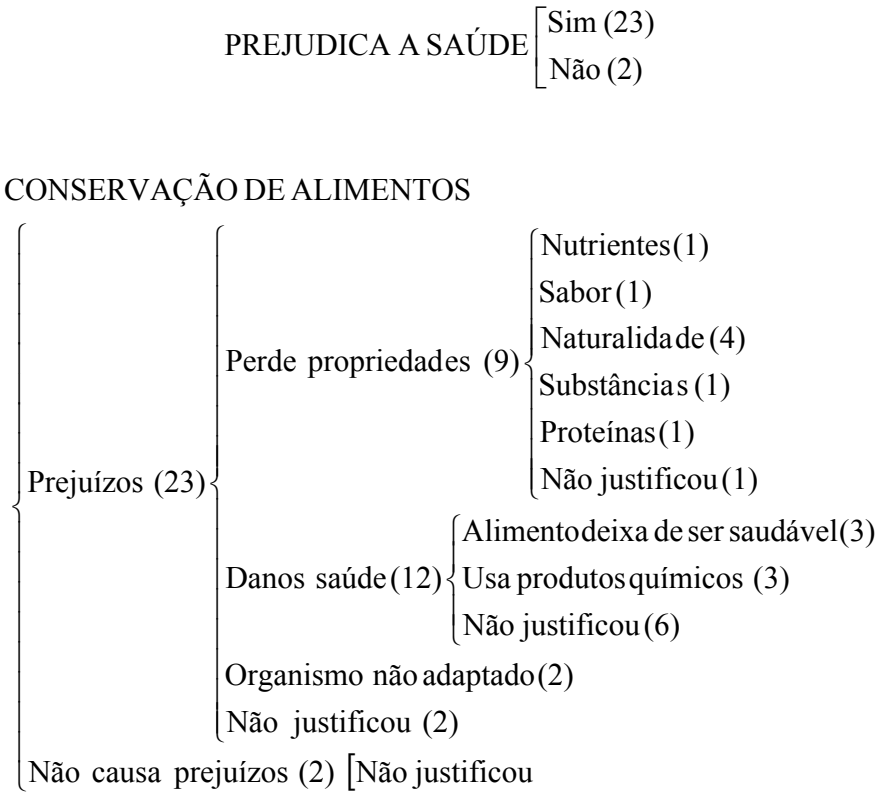


Figura 22 - Redes sistêmicas com as categorias dos comentários dos alunos sobre a questão 09.

A primeira rede sistêmica demonstra que vinte e três alunos responderam que o processo de conservação de alimentos, com o uso das radiações, pode prejudicar a saúde dos seres humanos, enquanto que os outros dois participantes demonstraram opiniões contrárias. Dessas idéias, surgiram as subcategorias da segunda rede sistêmica.

Na subcategoria prejuízos, as principais justificativas expressam, com nove citações, a perda nas propriedades dos alimentos, que deixam de ser naturais.

Segundo as idéias dos alunos, esse tipo de conservação usa produtos químicos, onde os alimentos deixam de ser saudáveis provocando danos à saúde. Com isto, é relatado que o organismo humano não está adaptado para este procedimento.

A segunda subcategoria define que esta conservação não causa prejuízos, mas não apresentou justificativa para estas duas citações.

Muitos alimentos estão sendo irradiados para minimizar a ação dos microorganismos, potencializadores da sua decomposição, o que não torna o alimento radioativo, pois não existe contato com a fonte (veja capítulo 2 seção 2.6.4). Porém, interpretações equivocadas dos consumidores dificultam a aceitação dos produtos irradiados.

Foi constatado, numa pesquisa sobre a "Atitude do consumidor frente à irradiação de alimentos", que apesar da irradiação ser "cientificamente aceita como um excelente método de conservação de alimentos" é difícil implantar o uso desta tecnologia, entre outros fatores, devido às "interpretações errôneas dos consumidores". Dos 218 entrevistados, "59,6% não sabiam que a irradiação é um método de conservação de alimentos e não souberam responder se consumiriam produtos irradiados" e 16% acreditam que "alimentos irradiados significam o mesmo que alimentos radioativos" (ORNELLAS et al., 2006).

Estes dados revelam a falta de informação que a população tem sobre o uso da irradiação em alimentos e a necessidade de esclarecimento a respeito das aplicações da radiação.

5.1.10 Análise da questão 10

Os raios-X emitidos, quando se investigam possíveis fraturas ósseas, trazem somente benefícios à saúde?

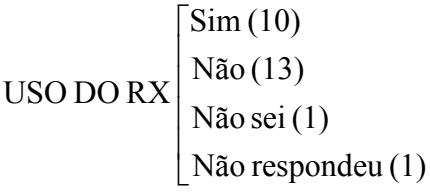


Figura 23 - Rede sistêmica com a categoria dos comentários dos alunos sobre a questão 10.

A rede sistêmica da questão 10 define os posicionamentos dos alunos quanto ao uso do RX na medicina. Evidenciamos que as respostas não tiveram diferença

notória, pois foram dez citações expressando idéias de que o exame de RX traz somente benefícios para a saúde e treze citações expressando idéias opostas. Sendo que um dos participantes não respondeu e o outro relatou não saber a resposta.

A descoberta do RX foi um avanço importante para a Ciência, pois com esta tecnologia pode-se obter, de forma muito eficiente, imagens de diversas estruturas. Porém, é necessário ter cautela, visto os efeitos biológicos já constatados em fins de 1896, quando Elihu Thomson se propôs a participar de uma experiência que comprovou os danos causados pelo excesso da exposição aos RX (veja capítulo 2 seção 2.6.3.6).

5.1.11 Análise da questão 11

Por que hoje se fala da necessidade de proteção contra os raios solares?

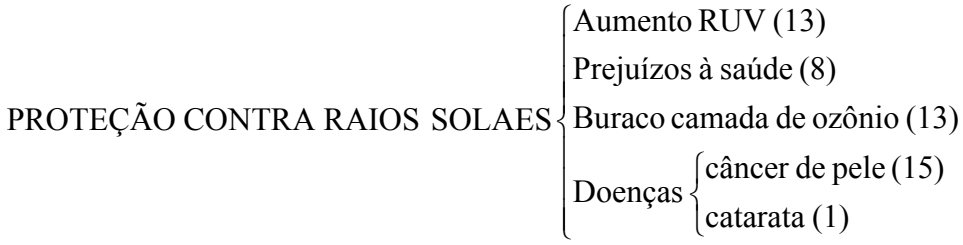


Figura 24 - Rede sistêmica com a categoria dos comentários dos alunos sobre a questão 11.

A rede sistêmica apresenta as justificativas dos participantes para a necessidade de proteção contra os raios solares. Foram mencionadas as doenças causadas pelo Sol, em destaque o câncer de pele com quinze participantes e a catarata com um participante. Verifica-se, com treze citações cada, o aumento dos RUV e a presença do buraco na camada de ozônio onde, nas justificativas dos alunos, esses dois itens se relacionavam acarretando prejuízos à saúde das pessoas, que foi citado por oito participantes.

Entendemos que os posicionamentos nesta questão estão em concordância com os conhecimentos da realidade dos alunos. Atualmente a população vem sendo alertada sobre os problemas causados pelos raios solares ao organismo humano e, em particular, aos órgãos da pele e da visão. No Verão, época em que as pessoas estão mais expostas aos níveis de RUV, as campanhas de prevenção ocorrem principalmente através da mídia, o que definimos na questão 01 como ensino informal.

Porém, é preciso lembrar que a radiação solar está presente durante todo o ano e, desta forma, as pessoas devem limitar a sua exposição se adaptando às medidas de proteção, a fim de evitar lesões na pele e até mesmo o câncer (veja capítulo 2 seção 2.6.3.5). O ideal seria que as campanhas de prevenção continuassem sendo desenvolvidas nas outras estações do ano, e que a escola se envolvesse neste processo educativo, potencializando melhores condições de informação para a população.

5.1.12 Análise da questão 12

Você acha mais seguro para sua saúde bronzear-se apanhando Sol, com os devidos cuidados, ou fazendo uso do bronzeamento artificial?

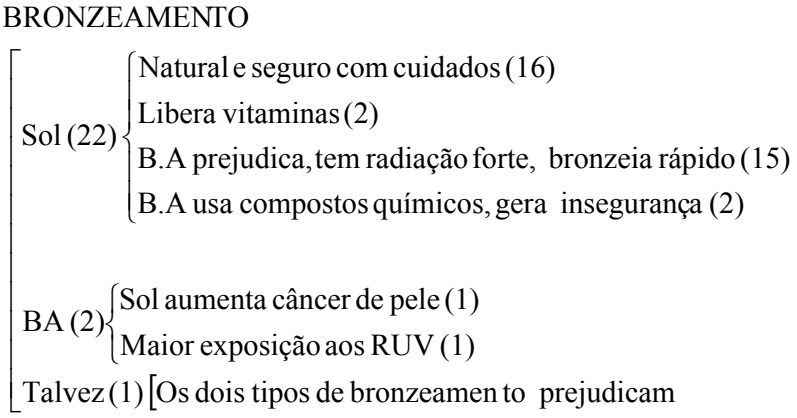


Figura 25 - Rede sistêmica com a categoria dos comentários dos alunos sobre a questão 12.

Quanto ao tipo de bronzeamento considerado mais saudável, os participantes desta pesquisa, com vinte e duas citações, definiram que o Sol é a melhor alternativa, enquanto que, com duas citações, foi definido o bronzeamento artificial (BA) e, ainda um aluno usou o termo talvez, não optando por nenhuma das formas de bronzeamento.

De acordo com a rede sistêmica, na primeira subcategoria foi justificado, com dezesseis citações, que o Sol é natural e mais seguro quando se toma as devidas precauções na exposição aos seus raios. Com duas citações, foi lembrado que o Sol libera vitaminas que beneficiam a saúde humana e, ainda nesta categoria, foram mencionados posicionamentos que revelam os prejuízos do BA, pois de acordo com as idéias dos alunos, com quinze citações, esta técnica implica uma radiação muito

forte que faz bronzear rapidamente a pele e, com duas citações, foi colocado que o BA usa compostos químicos gerando insegurança para os usuários.

A segunda subcategoria é caracterizada com as justificativas dos alunos que acreditam que o BA é a melhor maneira de bronzear a pele. Para este grupo, o Sol é responsável pela maior exposição aos RUV e pelo aumento da incidência do câncer de pele. Na última subcategoria, um participante justificou que as duas formas de se bronzear trazem prejuízos para a saúde.

Constatamos, a partir dos relatos, que não é demonstrada clareza nas diferenças entre os dois tipos de bronzeamento. Vejamos algumas justificativas dos participantes: "porque com o Sol é pelo menos natural", "acho que é muito mais prejudicial o bronzeamento artificial", "acredito que a radiação artificial cause mais danos à pele", "o bronzeamento artificial deve ter um algum tipo de radiação muito forte, é inseguro utilizá-lo", "porque o Sol é o recurso mais usado".

As idéias quando imprecisas ou mesmo quando equivocadas, sobre a forma de bronzeamento da pele, podem acarretar danos para a saúde da população.

5.1.13 Análise das questões 13 e 14

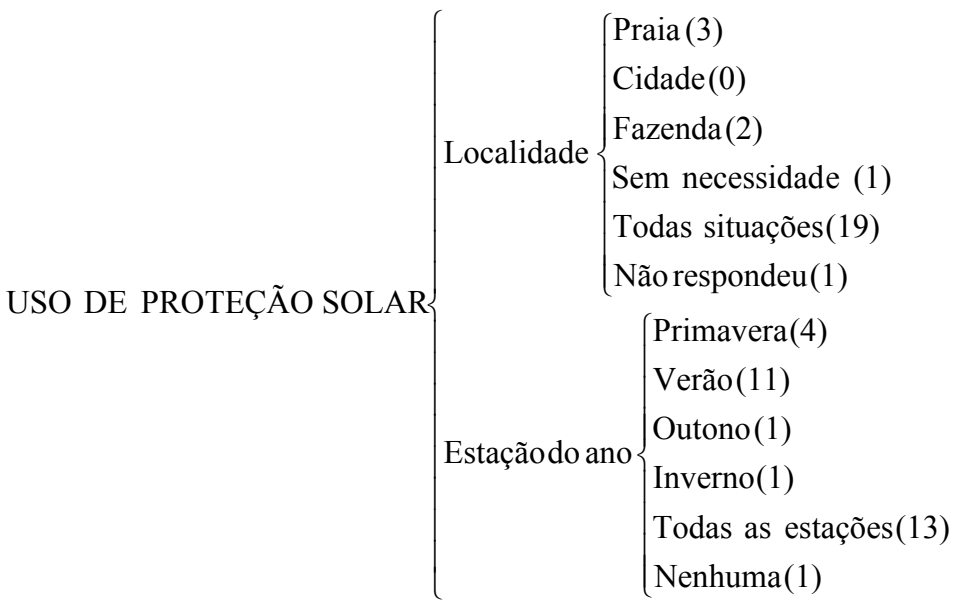


Figura 26 - Rede sistêmica com a categoria dos comentários dos alunos sobre as questões 13 e 14.

Resolvemos unir as respostas das questões 13 e 14 formando uma única rede sistêmica, pois as perguntas iniciais, para estas questões, eram as mesmas.

A primeira subcategoria expressa as localidades onde é mais apropriado usar proteção solar. As localidades praia e fazenda foram, respectivamente, citadas por três e por dois participantes. Com dezenove citações, a maioria definiu que se deve usar proteção solar em todas as localidades, ainda um participante expressou não ter necessidade de proteção e o outro não respondeu.

A segunda subcategoria apresenta as estações do ano em que, segundo as idéias dos alunos, é mais adequado usar proteção solar. Com uma citação para cada alternativa, foi mencionado o outono, o inverno e nenhuma das estações. A primavera foi citada por quatro participantes, o verão por onze participantes e, foi citada por treze participantes a recomendação de usar proteção solar em todas as estações do ano.

Percebemos que o número de alunos que expressou a necessidade de usar proteção solar em todas as estações do ano não é muito diferente daqueles que entendem que o verão é a estação mais apropriada. Este fato requer certa preocupação visto que a radiação ultravioleta é emitida pelo sol em todas as estações do ano (veja capítulo 2 seção 2.6.3.5).

No verão ou próximo a este período os raios ultravioletas são mais intensos, “cerca de 20 a 30% da irradiância total diária de RUV atinge a Terra entre 11 e 13 horas, e entre 70 e 80% entre 9 e 15 horas”, mas não é por isso que os cuidados não devem se estender as outras estações do ano (OKUNO et al., 2005, p.29).

Novamente, enfatizamos que entendimentos equivocados sobre esta realidade podem ocasionar danos à saúde da população.

5.1.14 Análise da questão 15

Fazendo uso da radiação o homem pode prejudicar o meio ambiente (MA)?

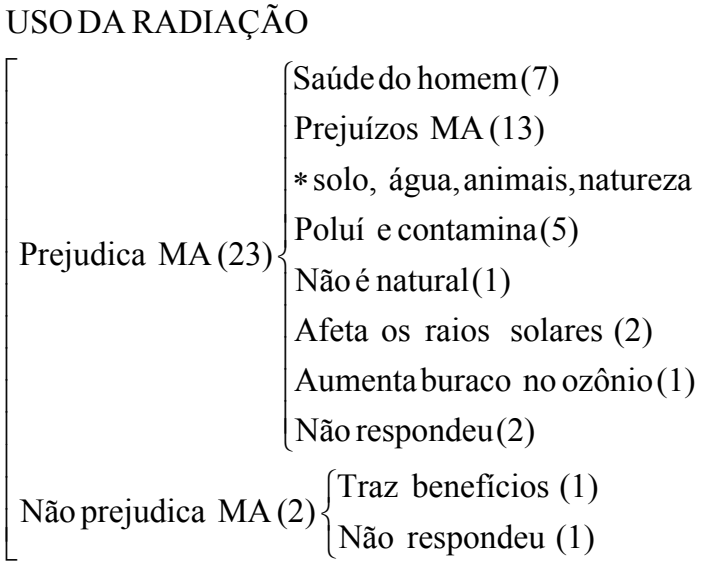


Figura 27 - Rede sistêmica com a categoria dos comentários dos alunos sobre a questão 15.

A maioria dos participantes, entre eles vinte e três, acredita que fazendo uso da radiação o homem pode prejudicar o meio ambiente (MA), enquanto que apenas dois alunos citaram que não prejudica. Dessas idéias, surgiram as subcategorias que fazem parte da rede sistêmica.

Conforme as justificativas da primeira subcategoria foram mencionadas, com sete citações, que a saúde do homem é afetada, com treze citações, que o meio ambiente é prejudicado; o asterisco indicado na rede apresenta os exemplos desse prejuízo (solo, água, animais e a natureza). Foi citada por cinco participantes que a radiação pode contaminar e poluir, por um participante, que a radiação não é natural, com duas citações, que a radiação afeta os raios solares e com uma citação, foi mencionado que a radiação aumenta o buraco na camada de ozônio. Dois participantes não justificaram.

A segunda subcategoria apresenta a idéia de que a radiação não prejudica, onde um dos participantes respondeu que traz benefícios para o meio ambiente e o outro não justificou.

O uso da radiação sem os cuidados essenciais pode prejudicar o meio ambiente de forma catastrófica. Basta lembrarmos alguns acidentes nucleares, entre

eles o acidente de Goiânia ocorrido em 1987, no Brasil (veja capítulo 2 seção 2.6.4). Os danos ambientais causados pelo acidente de Goiânia foram de "aspectos físicos, políticos e psicossociais" que gerou o "medo de doenças causadas pela radiação, da perda de familiares dizimados pela contaminação, da discriminação e da marginalização" (BITTENCOURT, sem data).

5.1.15 Análise da questão 16

O que você achou das perguntas deste questionário?

Figura 28 - Rede sistêmica com a categoria dos comentários dos alunos sobre a questão 16.

A rede sistêmica da questão 16 apresenta os comentários dos alunos sobre o nível das perguntas do questionário. Para onze participantes, foi considerado fácil responder às questões, 12 participantes mencionaram não apresentar dificuldades, o que não quer dizer que estava fácil, e para dois participantes as perguntas contidas no instrumento estavam difíceis. Entendemos que a maioria do grupo não encontrou dificuldades para responder, pois grande parte das questões apresentava alternativas de escolha e as mesmas não exigiam detalhamento das teorias ou conceitos, tratou-se de uma sondagem das idéias dos alunos para o tema da radiação.

5.1.16 Análise da questão 17

Foi despertada alguma curiosidade ao responder este questionário?

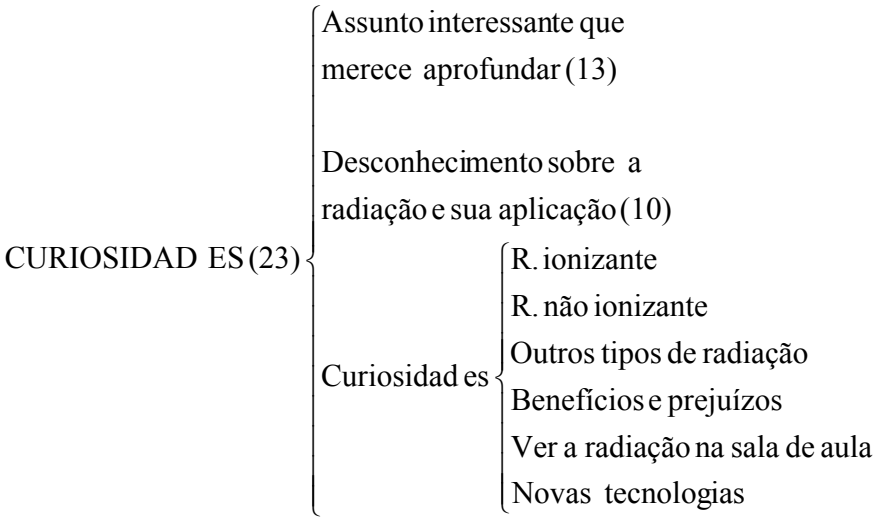


Figura 29 - Rede sistêmica com a categoria dos comentários dos alunos sobre a questão 17.

Procuramos saber se emergiram curiosidades enquanto o aluno respondia o questionário, visto que o tema central abordado foi a radiação. A rede sistêmica com a categoria denominada curiosidades apresenta as respostas dos participantes da pesquisa, onde é relatado, com treze citações, que o assunto é interessante, merece ser aprofundado nas aulas e, com dez citações, é mencionado o desconhecimento sobre a radiação e suas aplicações no cotidiano. Os alunos demonstraram curiosidade em saber a diferença da radiação ionizante e não ionizante, conhecer os outros tipos de radiação, saber sobre os benefícios e prejuízos, conhecer as tecnologias que usam radiação, e um aluno relatou que gostaria de ver a radiação na sala de aula. Lembramos que este instrumento foi aplicado sem qualquer comentário sobre a radiação, os alunos responderam ao questionário com o conhecimento de suas experiências anteriores ao desenvolvimento da unidade de aprendizagem.

5.1.17 Análise da questão 18

Você gostaria de dar alguma sugestão para o melhoramento deste questionário?

$$\text{SUGESTÕES}\begin{cases}\text{Sem necessidade (18)}\\ \text{Não respondeu (7)}\\ \text{Deduzir mais (1)}\end{cases}$$

Figura 30 - Rede sistêmica com a categoria dos comentários dos alunos sobre a questão 18.

A última questão solicitou sugestões para melhorar o questionário, mas para dezoito alunos o questionário está claro, sete alunos não responderam, e apenas um participante expressou que as questões deveriam ser mais deduzidas, mas não exemplificou como gostaria que as mesmas estivessem dispostas.

5.2 Análise do Instrumento 2: Problematizações

Nas redes sistêmicas, a seguir, são expostas as justificativas mencionadas pelos alunos para as problematizações desenvolvidas durante a UA.

As problematizações caracterizaram-se pela busca da compreensão do posicionamento dos estudantes, na reconstrução do conhecimento, frente às questões que representaram situações reais, muitas vezes vivenciadas em seu próprio cotidiano.

Importante ressaltar que mesmo se tratando de uma análise qualitativa, achamos conveniente expor os números, entre parênteses, nas justificativas das categorias, dispostas nas redes sistêmicas, para indicar quantas vezes foram recorrentes algumas idéias.

5.2.1 Análise da Problematização 1

A primeira problematização, discutida com 22 participantes, foi apresentada no terceiro encontro, a mesma foi respondida em dupla. E, das 11 duplas formadas, apenas uma não se posicionou para o seguinte questionamento:

Como a radiação desencadeia prejuízos para a saúde dos seres humanos?

PREJUÍZOS DA RADIAÇÃO

- Excesso de energia prejudica os átomos (9)
  - * O núcleo fica instável
  - * Tranferência de elétrons para camada mais externa
  - * Exposição indevida ao Sol queima os átomos da pele
- Aumenta o buraco na camada de O_3 (1)

Figura 31 - Rede sistêmica dos comentários dos alunos relacionados à problematização 01.

Essa questão permitiu entender como o aluno percebeu os efeitos biológicos da radiação. Desta forma, satisfatoriamente foi respondido, por 9 duplas, que a radiação é uma forma de energia e seu excesso pode desestabilizar o sistema biológico, promovendo quebra das ligações químicas dos átomos que, por sua vez, pode proporcionar danos à saúde, conforme apresentado no capítulo 2 seção 2.6.5. Os asteriscos, indicados na rede sistêmica, são alguns dos argumentos usados para definir como a energia prejudica os átomos.

Uma dupla definiu que a radiação desencadeia prejuízos por aumentar o buraco na camada de ozônio (O_3). Entendemos que estes alunos talvez tenham se expressado de maneira equivocada e, no entanto, estavam querendo dizer que, devido o aumento do buraco na camada de O_3, a radiação acarreta danos para a saúde dos seres humanos, ou realmente eles apresentam a idéia de que a radiação faz aumentar o buraco na camada de ozônio.

Nas camadas mais altas da atmosfera, na estratosfera situada aproximadamente entre 15 e 50 km de altitude, existe uma grande concentração de gás ozônio, sua formação "ocorre pela combinação de uma molécula de O_2 (gás

oxigênio) com um átomo de O (oxigênio), este último provém da fotodissociação de O_2, isto é, da quebra de uma molécula de O_2 por um fóton da RUVC, é dessa forma que a camada de ozônio absorve toda a RUVC e grande parte da RUVB" protegendo as espécies contra os efeitos danoso da radiação UV (OKUNO et al., 2005, p30). Dentre os agentes que causam a destruição na camada de ozônio estão as "substâncias químicas sintetizadas em laboratórios e conhecidas pelo nome coletivo de clorofluorcarbonos (CFC)" *idem*, que são aplicadas principalmente como solventes orgânicos, gases para refrigeração e propelentes em extintores de incêndio e aerossóis.

5.2.2 Análise da Problematização 2

A segunda e a terceira problematização, discutidas com 21 participantes, foram apresentadas no quarto encontro e as mesmas foram respondidas individualmente por se tratarem de justificativas que expressam sentimentos, em que cada indivíduo pode apresentar diversas reações para um mesmo acontecimento.

O que você sentiu ao saber do Acidente de Goiânia (AG) vendo as fotos?

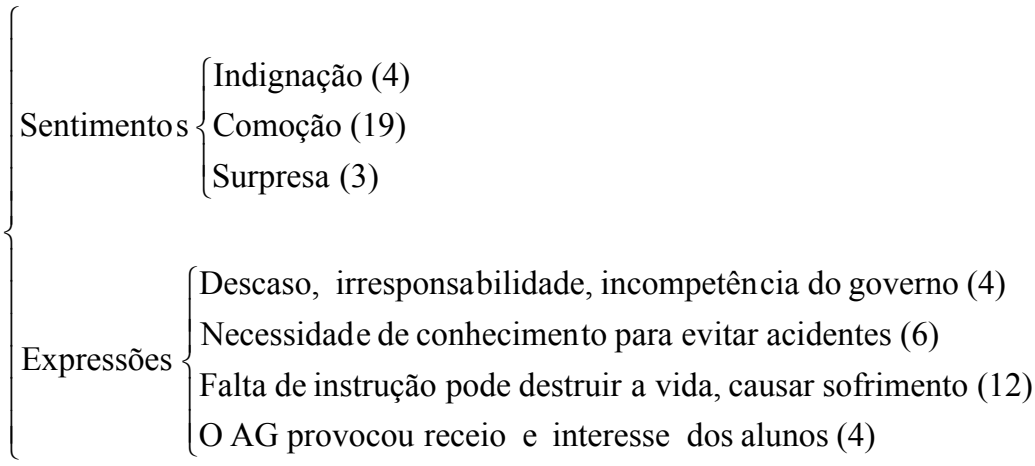


Figura 32 - Rede sistêmica dos comentários dos alunos relacionados à problematização 02.

Ao saber do AG, com o recurso das fotos, acreditamos que os alunos conseguiram ter uma maior dimensão da realidade enfrentada pela população. A categoria denominada relatos do AG foi subdividida em duas subcategorias, sentimentos e expressões. Os principais sentimentos e expressões que emergiram foram de indignação, por entenderem que todo o transtorno, ocasionado no acidente,

poderia ter sido evitado se não houvesse descaso e irresponsabilidade das autoridades, que abandonaram a clínica com um equipamento de radioterapia contendo uma fonte de césio-137.

Saber que houve 4 óbitos e que muitas pessoas foram atingidas social, física e psicologicamente, conforme descrito no capítulo 2 seção 2.6.4, despertou um profundo sentimento de comoção, representado por expressões que evidenciaram a necessidade do conhecimento para não destruir a vida e para não causar tanto sofrimento. O sentimento de surpresa, que apareceu nos discursos, apresentou-se sob dois aspectos: revelou o espanto do que pode provocar o mau uso da radiação e a surpresa por nunca terem ouvido falar, anteriormente, deste acidente tão importante, ocorrido no Brasil na década de 80. Com isto, muitos alunos demonstraram-se receosos e mais interessados quanto às aplicações da radiação.

5.2.3 Análise da Problematização 3

Diante dos novos conhecimentos, sobre o AG, ainda no mesmo encontro, procuramos conhecer quais seriam as alternativas cabíveis, segundo o relato dos alunos, para que este acidente, de conseqüências irreparáveis, fosse evitado. A rede sistêmica que segue apresenta as justificativas.

Como você acha que este acidente poderia ser evitado?

ATITUDES PARA EVITAR O AG

- Acesso ao conhecimento (11)
- Remoção do equipamento abandonado (11)
- Responsabilidade e atenção de todos (9)

Figura 33 - Rede sistêmica dos comentários dos alunos relacionados à problematização 03.

A categoria atitudes para evitar o AG valoriza a importância do conhecimento, como uma alternativa que pode proporcionar uma nova perspectiva nas ações. Os alunos, em seus relatos, definiram que se os catadores de sucata soubessem o tipo de tratamento que era desenvolvido na clínica não teriam removido o material do local, para vender, e o acidente poderia ter sido evitado. Da mesma forma, foi relatado que o equipamento não poderia estar abandonado, faltaram responsabilidade e atenção de diversos membros da sociedade.

5.2.4 Análise da Problematização 4

A quarta problematização, discutida com 24 participantes, foi apresentada no quinto encontro e a mesma foi respondida em dupla. Então, abaixo segue o questionamento que nos proporcionou entender, através das declarações, por meio de que processos ocorrem um dos benefícios da radiação, ou seja, o tratamento de doenças como o câncer. Nesta problematização, buscou-se integrar as reflexões dos estudantes que, além dos aspectos negativos da interação da radiação, demonstrados na rede sistêmica 1, existem também os benefícios que esta energia pode proporcionar, quando usada com conhecimento.

Como a radiação pode beneficiar o ser humano no tratamento contra o câncer?

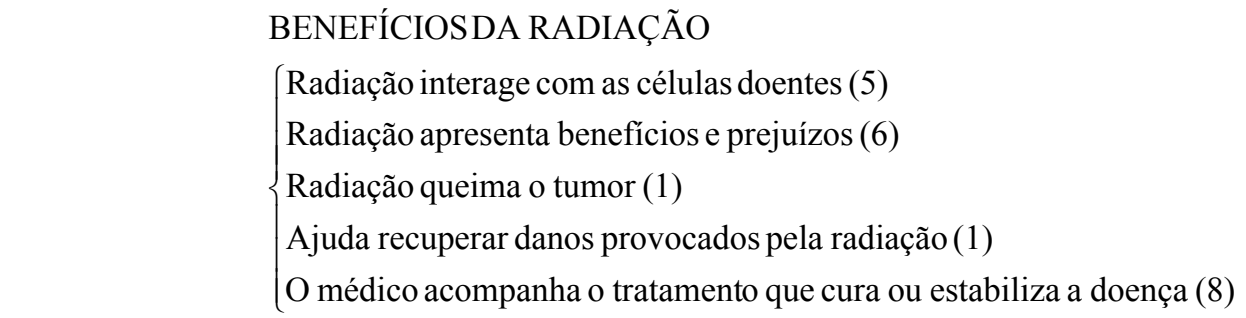


Figura 34 - Rede sistêmica dos comentários dos alunos relacionados à problematização 04.

A categoria benefícios da radiação apresenta as justificativas que definem como ocorre o tratamento contra o câncer. Foi relatado que a radiação interage com as células doentes queimando o tumor, que o médico acompanha o tratamento podendo curar ou estabilizar o avanço da doença. E ainda, que a radiação ajuda a recuperar os danos (pontos positivos), muitas vezes provocados pela própria radiação, ou seja, sua exposição indevida também desencadeia os prejuízos. Apesar de esta idéia parecer confusa, na verdade, entendemos que revela a compreensão e o avanço na reconstrução do conhecimento, pois através da "elaboração própria" (DEMO, 2004, p.18) o aluno, agora de maneira crítica, fundamenta que a mesma energia da radiação pode resultar em dois efeitos opostos, ora beneficiando, ora prejudicando.

5.2.5 Análise da Problematização 5

A quinta e a sexta problematização, discutida com 20 participantes, foram apresentadas no sétimo encontro e as mesmas foram respondidas em dupla.

A rede sistêmica a seguir apresenta as justificativas para diferenciar as ondas eletromagnéticas, na freqüência do raio gama e do raio-X, conforme foi descrito no capítulo 2 seção 2.5.3.7.

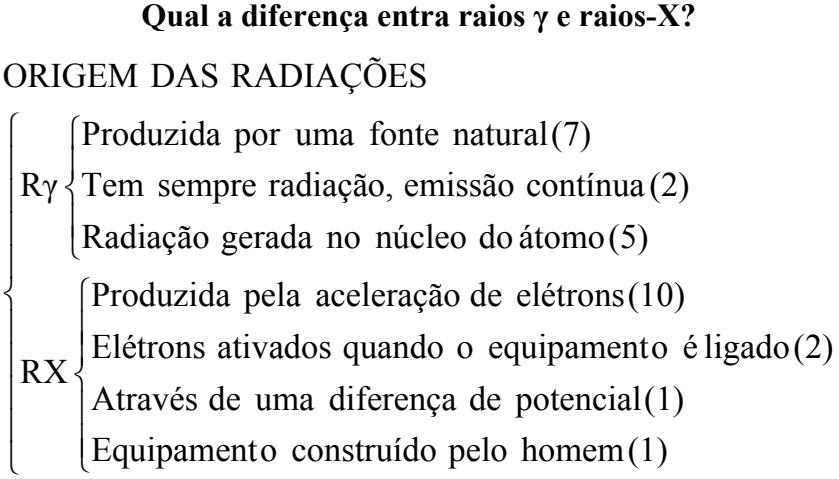


Figura 35 - Rede sistêmica dos comentários dos alunos relacionados à problematização 05.

A categoria origem das radiações foi dividida em duas subcategorias, os raios gama e os raios-X (veja capítulo 2 seção 2.5.3.6 e seção 2.5.3.7), para facilitar a compreensão. Desta maneira, foi apontado que os raios gama se diferenciam por emitirem energia continuamente, através de uma fonte natural, onde a radiação é gerada no núcleo do átomo. Enquanto que, os raios-X são produzidos somente durante o tempo em que o aparelho está ligado, através de uma diferença de potencial que acelera os elétrons contra um alvo. Nesta descrição podemos evidenciar um envolvimento científico com o tema, visto a clareza com que são distinguidas as duas ondas eletromagnéticas.

5.2.6 Análise da Problematização 6

A próxima rede sistêmica demonstra alguns dos nossos direitos, segundo o entendimento dos alunos, durante a realização do exame de raio-X. Na problematização 6, buscamos compreender como o educando poderia proceder ao se

deparar com a situação, onde houvesse a necessidade de fazer um diagnóstico com a tecnologia do raio-X.

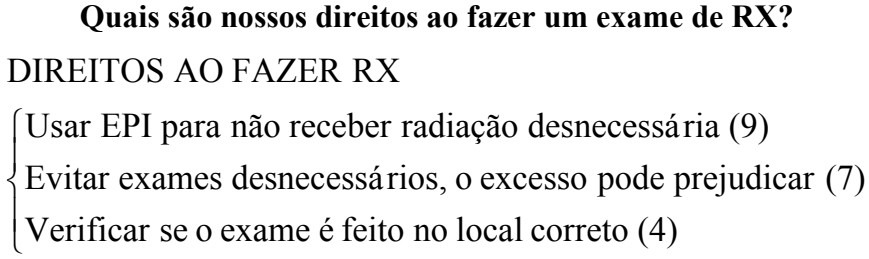


Figura 36 - Rede sistêmica dos comentários dos alunos relacionados à problematização 06.

Destacamos que quase todos os alunos, 9 duplas, mencionaram o uso do Equipamento de Proteção Individual (EPI) como uma forma de proteção, para reduzir a dose de radiação no paciente ou no acompanhante e que se deve evitar fazer exames de raios-X sem necessidade. Principalmente as crianças que "são mais sensíveis aos efeitos da radiação ionizante, têm maior expectativa de vida e mais chances de serem expostas a esse tipo de radiação, que tem caráter cumulativo e pode levar à indução de danos genéticos e câncer, principalmente leucemia" (COOK et al., 2007). A leucemia é uma doença maligna dos glóbulos brancos (leucócitos), que tem como principal característica o acúmulo de células jovens anormais na medula óssea, que substituem as células sangüíneas normais.

Para evitar possíveis danos, também foi relatado que o paciente ou o seu responsável deve verificar se a região que será exposta à radiação corresponde a sua necessidade e à especificação médica, caso contrário, havendo equívoco, o radiologista deve ser comunicado para que seja corrigido.

Além disso, lembramos que é importante o paciente atender a solicitação da equipe técnica, no setor de radiologia, para não proporcionar repetição no procedimento ou redução na qualidade da imagem.

5.2.7 Análise da Problematização 7

A sétima problematização, discutida com 24 participantes, foi apresentada no décimo encontro e foi respondida individualmente. Visto a busca pela qualidade no ensino das radiações, esta última problematização, considerada tão importante quanto as demais, nos permitiu saber qual a opinião do aluno sobre o processo de ensino

aprendizagem, para os raios ultravioletas, desenvolvido na escola. Assim, emergiu a categoria espaço de discussão como mostra a rede sistêmica.

Você acredita que espaços de discussão como esse possibilitam entender melhor a realidade e mudar suas atitudes em relação à exposição ao sol?

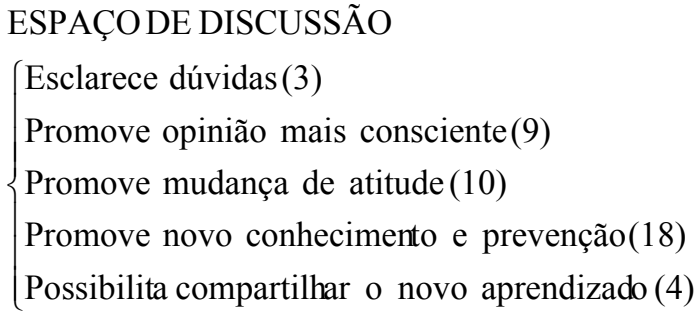


Figura 37 - Rede sistêmica dos comentários dos alunos relacionados à problematização 07.

Para os alunos, discutir na escola sobre a radiação solar, as conseqüências e os cuidados necessários com a pele, foi uma possibilidade para refletir sobre suas dúvidas, o que, muitas vezes não é possível, por exemplo, com as campanhas preventivas de combate ao câncer de pele, através dos meios de comunicação, porque não há um diálogo ou troca de idéias.

Entre o esclarecer e o "fazer dúvidas", momentos distintos, mas que auxiliam no aprendizado, o "papel do professor é orientar sem oferecer facilidades e fórmulas prontas" (DEMO, 2004, p.20). Desta maneira, as discussões em aula auxiliaram num novo conhecimento que, segundo as declarações, foram capazes de desencadear mudanças no comportamento através de opiniões mais conscientes. As idéias se reconstruíram afirmando outros ideais, a prevenção ganhou significado e as escolhas agora podem tornar-se mais saudáveis. Com isto, também foi possível compartilhar as suas experiências com amigos e familiares, o que permitiu ampliar ainda mais o seu aprendizado, sobretudo, Demo (2004, p.21), revela-nos também que a "aprendizagem implica dimensão individual e social, condição comum no grupo e condição individual própria".

5.3 Análise do Instrumento 3: Questionário aplicado a duas turmas distintas

Este instrumento foi aplicado em dois grupos distintos de alunos, o grupo experimental, que participou da UA, e o grupo de controle, que não participou da UA.

Para verificar se o instrumento estava adequado e se existiam diferenças significativas, no desempenho dos estudantes dos dois grupos, nas 15 questões, realizamos o cálculo do coeficiente alfa de Cronbach (veja capítulo 3 seção 3.4.2), que forneceu um valor de adequado de 0,760. Na área da educação "uma fidedignidade mínima de 0,70 é considerada aceitável para fins de decisão" (VIANNA, 1978, p.167). Desta forma, o instrumento foi considerado fidedigno apresentando diferenças significativas.

Procedemos à análise com uma comparação entre as médias dos escores dos dois grupos, através do teste não paramétrico de Mann-Whitney (veja capítulo 3 seção 3.4.2), que mostrou a classificação (rank) média do grupo experimental como 33,08 e do grupo de controle como 11,48, produzindo um $z = -5,537$ com probabilidade p significativa ($p = 0,000$). Com esse resultado, podemos definir que o grupo experimental obteve um desempenho significativamente superior ao grupo de controle, em média.

A fim de identificar a origem da diferença significativa, solicitamos um teste H de Kruskal-Wallis (veja capítulo 3 seção 3.4.2), considerando todas as 15 questões como variáveis. Na tabela a seguir definimos a classificação média para cada questão onde o valor do nível de significância é $\alpha = 0,05$, e as questões que apresentaram probabilidades p significativas ($p < 0,05$) estão destacadas em negrito.

	GRUPO	N	Rank Médio
Q1	1	24	27,50
	2	21	17,86
	Total	45	**p=0,000**
Q2	1	24	28,00
	2	21	17,29
	Total	45	**p=0,002**
Q3	1	24	25,88
	2	21	19,71
	Total	45	p=0,062
Q4	1	24	27,06
	2	21	18,36
	Total	45	**p=0,002**
Q5	1	24	31,19
	2	21	13,64
	Total	45	**p=0,000**
Q6	1	24	28,50
	2	21	16,71
	Total	45	**p=0,000**
Q7	1	24	29,50
	2	21	15,57
	Total	45	**p=0,000**
Q8	1	24	27,38
	2	21	18,00
	Total	45	**p=0,006**
Q9	1	24	27,06
	2	21	18,36
	Total	45	**p=0,002**
Q10	1	24	26,69
	2	21	18,79
	Total	45	**p=0,010**
Q11	1	24	24,81
	2	21	20,93
	Total	45	p=0,208
Q12	1	24	20,38
	2	21	26,00
	Total	45	**p=0,015**
Q13	1	24	25,50
	2	21	20,14
	Total	45	**p=0,012**
Q14	1	24	24,69
	2	21	21,07
	Total	45	p=0,184
Q15	1	24	24,56
	2	21	21,21
	Total	45	p=0,117

Tabela 02 - Teste Kruskal-Wallis – Classificação média para cada questão.

Essa análise mostrou diferenças significativas a favor do grupo experimental, com $p < 0,05$, para as questões: Q1, Q2, Q4, Q5, Q6, Q7, Q8, Q9, Q10 e Q13, e a favor do grupo de controle somente na questão Q12. Não foram significativas as diferenças, contudo notórias, a favor do grupo experimental as questões Q3, Q11, Q14 e Q15. Os resultados apresentados se constituem em evidência à eficácia dos módulos de ensino desenvolvidos pela pesquisadora no grupo experimental.

Ousamos explorar os dados um pouco mais ao realizarmos uma análise de fatores a qual mostrou uma Sampling Adequacy de 0,561, o que evidencia que o conjunto de dados estava adequado para se proceder com esse tipo de análise. Além disso, o teste da esfericidade de Bartlet mostrou-se significativo, o que evidencia que existe uma estrutura nos dados.

As 15 questões do instrumento geraram 6 fatores identificados a seguir:

O FATOR 1, o principal, diz respeito ao conhecimento do estudante sobre a natureza da radiação. A esse fator chamamos de NATUREZA DA RADIAÇÃO. Este está relacionado diretamente ao ensino-aprendizagem desenvolvido em sala de aula pela pesquisadora, representado nas questões de números Q1 e Q2.

O FATOR 2 aglutinou questões que evidenciavam a interação da radiação com o ser humano, estas mais associadas ao senso comum. Em particular, nas questões de números Q11, Q12, Q14 e Q15 não foram encontradas diferenças significativas entre os dois grupos estudados. A esse fator chamamos de EFEITOS SOBRE O SER HUMANO. Pode-se dizer que, em geral, esses efeitos podem já estar incorporados ao senso comum e serem independentes de instrução em sala de aula, talvez pelo fato de os estudantes já terem sido expostos a essa informação previamente na educação formal ou informal.

O FATOR 3 aglutinou questões que evidenciavam a interação da radiação com a matéria (em nível atômico) – os efeitos sobre os átomos. A esse fator chamamos de EFEITOS SOBRE OS ÁTOMOS, representado nas questões de números Q3, Q4 e Q13.

Os FATORES 4 e 5 foram de difícil interpretação e não se pôde associar um rótulo aos mesmos, pois são especializações dos fatores anteriores, representado nas questões de números Q5, Q6, Q7 e Q10. Contudo, o FATOR 6 pode estar associado ao uso da radiação em hospitais. A esse fator chamamos UTILIZAÇÃO DA RADIAÇÃO EM HOSPITAIS, representado nas questões de números Q8 e Q9.

Vemos, então, a possível existência de 4 fatores identificáveis que tendem a fornecer uma estrutura maior aos dados provenientes dos dois grupos. São estes:

- NATUREZA DA RADIAÇÃO;
- EFEITOS SOBRE O SER HUMANO;
- EFEITOS SOBRE OS ÁTOMOS;
- UTILIZAÇÃO DA RADIAÇÃO EM HOSPITAIS.

Reconhecemos as limitações desse estudo quantitativo tendo em vista o número extremamente baixo de estudantes envolvidos. As conclusões aqui tiradas embora certamente não sejam generalizáveis, sem ser apenas um exercício de imaginação extrema, apontam para fatores que ainda deverão ser confirmados em pesquisas futuras, mas que faz sentido tendo em vista o referencial em que se baseou a construção do instrumento utilizado.

Finalmente, para facilitar a compreensão bem como a discussão dos resultados, foi feito, para cada questão, um gráfico em barras, contendo simultaneamente os índices dos dois grupos, para cada alternativa. Conforme a legenda apresentada nos gráficos, as respostas atribuídas pelo grupo experimental estão definidas na primeira posição de cada alternativa (UA), e as respostas atribuídas pelo grupo de controle estão definidas na segunda posição de cada alternativa (Sem UA).

5.3.1 Análise da questão 01

A primeira questão estava relacionada com o conceito da radiação, veja capítulo 2 seção 2.6.1. Das opções apresentadas no questionário, a letra B (é uma forma de energia que se propaga), compreendia o conceito correto.

De acordo com o gráfico, percebe-se que os vinte e quatro alunos que participaram da UA, grupo experimental, foram unânimes assinalando a alternativa corretamente. Entretanto, dos vinte e um alunos que não participaram da UA, grupo de controle, doze associaram a questão com a resposta correta, enquanto que os demais fizeram outras escolhas.

As alternativas A (é uma vibração das células de um corpo) e C (são substâncias que explodem quando aquecidas) foram indicadas por quatro alunos, e a alternativa D (é algo ainda misterioso para a ciência, portanto perigoso) foi indicada por apenas um aluno do grupo de controle.

Relembrando as respostas, do grupo experimental, para o instrumento 01 (veja capítulo 5 seção 5.1.1), foi relatado que muitos alunos ouviram falar sobre a radiação, mas não sabiam definir precisamente qual seu significado. E, neste momento, evidenciamos satisfatoriamente que os mesmos alunos, após participarem da UA, identificaram a relação teórica com o questionamento proposto. A seguir apresentamos a ilustração do gráfico 01 com as repostas dos dois grupos em estudo.

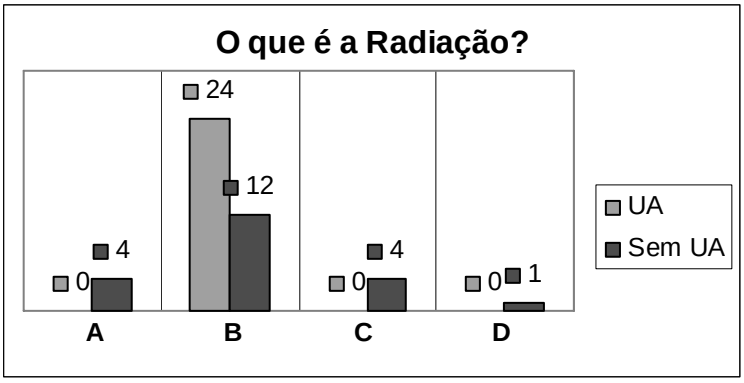


Figura 01 - Gráfico com as respostas dos alunos do grupo experimental e de controle sobre a questão 01.

Quanto ao grupo de controle, aproximadamente 43% dos participantes demonstraram opiniões bem distintas para definir o conceito de radiação. Considerando que são alunos do 3° ano do Ensino Médio Regular, podemos atribuir para essa diversidade de opiniões uma espécie de lacuna em seus conhecimentos científicos para o referido tema.

Como decorrência desta compreensão, ao fazer um levantamento dos conhecimentos prévios sobre radiação, de um grupo de vinte e quatro estudantes de um curso de Educação para Jovens e Adultos (EJA) - nível médio, Ferreira & Hosoume (2005, p.3) relatam que os alunos "em sua grande maioria, não estão familiarizados com o conceito de radiação", onde "eles não conhecem a natureza das radiações, mas parecem temê-la" e ainda é mencionado pelos autores que "apenas 20% dos alunos arriscaram explicar a natureza das radiações".

Acreditamos que as dificuldades encontradas para definir o conceito da radiação, nas diferentes modalidades de ensino, ou seja, tanto para os alunos do EJA quanto para os alunos do grupo de controle, podem ser superadas com o ensino escolar, desta forma, minimizando as idéias equivocadas sobre os benefícios e os prejuízos das tecnologias que utilizam à radiação.

5.3.2 Análise da questão 02

Relembramos que no primeiro instrumento os alunos do grupo experimental foram questionados sobre a radiação ionizante e a radiação não ionizante, e foi constatado que nenhum dos participantes soube definir as diferenças dessas radiações, (veja capítulo 5 seção 5.1.6). Superado esse conhecimento inicial, com o desenvolvimento da UA, a questão 02 do terceiro instrumento foi mais abrangente e buscou especificar quais os efeitos da radiação ionizante ao interagir com a matéria.

Podemos considerar as alternativas A (arrancar células dos átomos) e D (acelerar as células) as mais distantes dos conceitos científicos que envolvem a radiação ionizante (veja capítulo 2 seção 2.6.5). Com isto, percebemos um melhor desempenho do grupo experimental que, para cada uma das referidas alternativas, respectivamente, tiveram a escolha de um aluno, enquanto que para o grupo de controle, as mesmas foram escolhidas por quatro e cinco alunos.

A alternativa B (excita o elétron mas não o arranca das camadas dos átomos), ainda que conceitualmente correta, estava relacionada com a radiação não ionizante e a mesma foi apontada por seis alunos do grupo experimental e oito alunos do grupo de controle. A resposta correta para o questionamento, caracterizada pela letra C (arrancar aleatoriamente elétrons das camadas dos átomos), foi escolhida por dezesseis alunos do grupo experimental e apenas quatro do grupo de controle. Vejamos o gráfico.

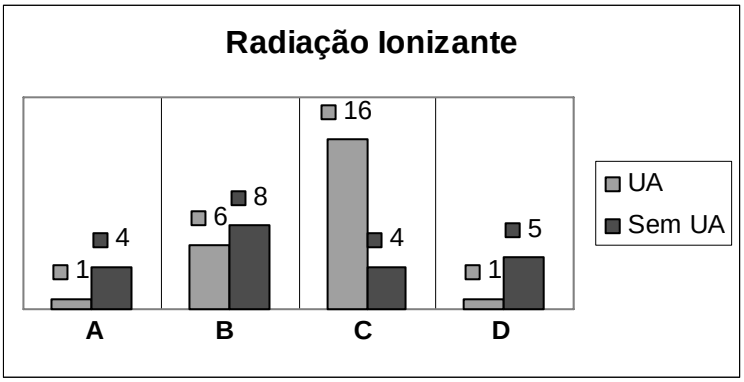


Figura 02 - Gráfico com as respostas dos alunos do grupo experimental e de controle sobre a questão 02.

Visto inicialmente, no primeiro instrumento, a dificuldade dos alunos do grupo experimental para definir as diferenças entre as radiações, consideramos, de acordo com o número de acertos (16), que houve um avanço nos conhecimentos

teóricos com a UA. Entretanto, com aproximadamente 81% dos alunos que não souberam associar a alternativa correta, o grupo de controle se aproxima da realidade encontrada por Rêgo (2004) num estudo sobre a percepção que os estudantes portugueses têm da Física das Radiações. Segundo o autor (Ibid., 2004), a pesquisa foi desenvolvida com 1246 alunos de diferentes níveis de escolaridade (básico, secundário e superior), de dezenove localidades de Portugal, onde foi verificado que "94% dos alunos afirmaram já ter ouvido falar em radiações. Contudo, 86% diz não saber distinguir radiações ionizantes de não ionizantes" uma percentagem que segundo a opinião do autor "só pode surpreender por não ser mais elevada" (RÊGO, 2004)

5.3.3 Análise da questão 03

A maioria dos alunos já ouviu falar sobre a radiação, como descrito na análise do primeiro instrumento (veja capítulo 5 seção 5.1.1). Nesta perspectiva, buscamos ir além e compreender, através da questão 03, como o grupo experimental, após participar das atividades da UA, associou a interação que ocorre da radiação com um organismo vivo. Importante esclarecer que não nos preocupamos, no questionamento 03, com os efeitos que podem ser causados pela interação da radiação com a matéria, e sim, o objetivo foi caracterizar como ocorre esse processo.

As alternativas C (das defesas do organismo que permitem a interação) e D (somente quando o organismo está debilitado) estavam relacionadas com os mecanismos de defesa do organismo. Porém, esses mecanismos são ativados após a interação da radiação, podendo até mesmo resultar em efeito algum, visto que os seres vivos dispõem de defesas especiais contra a ação das radiações (veja capítulo 2 seção 2.6.5). Para essas alternativas, respectivamente, o grupo experimental teve uma e quatro associações, e o grupo de controle apresentou duas e uma associações.

A investigação revela que a alternativa B (do calor queimando tecidos) foi escolhida por oito alunos do grupo de controle, e apenas por um aluno do grupo experimental. Justificamos essa diferença, entendendo que os alunos do grupo experimental associaram a questão 03 com os RX, Rγ e RUV, visto sua ênfase na UA. Desta forma, souberam diferenciar dos RIV que podem ser percebidos por suas propriedades de aquecimento (veja capítulo 2 seção 2.6.3.3), o que não ocorreu com o grupo de controle, que pode ter feito sua escolha associando a interação da radiação aos efeitos da radiação emitida pelo sol. Entre outros tipos de radiação, o Sol emite

RIV, conhecida também por radiação de calor. Veja ainda a análise da questão 04, no capítulo 5 seção 5.1.4, que relata as formas de sentir a radiação, de acordo com as idéias dos alunos.

Conforme o capítulo 2, seção 2.6.5, que descreve os efeitos biológicos das radiações a alternativa correta para a questão 03 estava compreendida na letra A (da energia transferida para os átomos das células). Para essa alternativa, o grupo experimental teve dezoito indicações, correspondendo a 75% do número total de participantes, e o grupo de controle apresentou dez indicações, correspondendo então a aproximadamente 47%. Vejamos no gráfico a disposição das respostas.

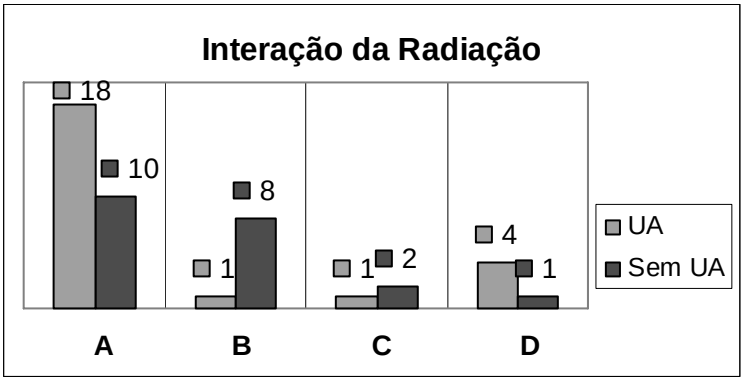


Figura 03 - Gráfico com as respostas dos alunos do grupo experimental e de controle sobre a questão 03.

5.3.4 Análise da questão 04

Quando interrogados sobre as contribuições favoráveis da radiação para a vida humana, na questão 07 do primeiro instrumento (veja capítulo 5 seção 5.1.7), apenas três alunos, dos vinte e cinco participantes do grupo experimental, mencionaram o tratamento contra o câncer. Visando minorar esse índice, o questionamento 04 desse instrumento foi explorado na UA, com o objetivo de explicitar que as radiações também podem ser benéficas.

Desta forma, para a alternativa A (queimar os átomos e as células) houve três indicações do grupo de controle e apenas uma do grupo experimental. As alternativas B (reforçar as ligações dos átomos) e C (prejudicar apenas as células doentes) foram indicadas, respectivamente, por três participantes, em cada uma, do grupo de controle e por nenhum aluno do outro grupo. E, a alternativa D (ser utilizada no tratamento de câncer), que estava correta, obteve 96% de acerto, assinalada por vinte e três alunos.

Já o outro grupo, com 57% de acerto, apresentou doze indicações. Vejamos as respostas no gráfico.

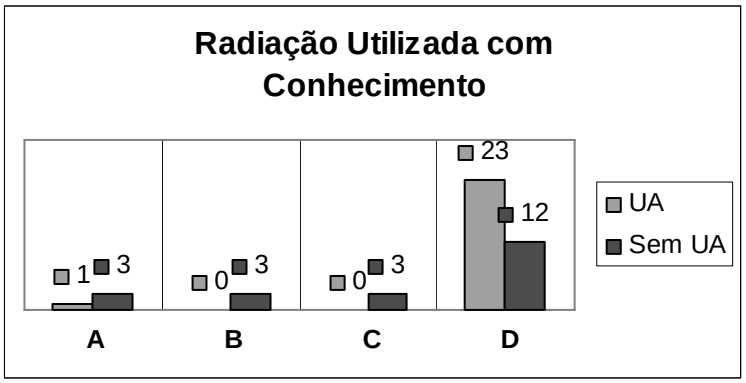


Figura 04 - Gráfico com as respostas dos alunos do grupo experimental e de controle sobre a questão 04.

Atualmente as radiações estão presentes em inúmeras aplicações que beneficiam a sociedade, seja na pesquisa científica, na indústria, no diagnóstico ou no tratamento médico (veja capítulo 2 seção 2.6.3.7). Mas, para muitas pessoas a radiação está associada a desastres terríveis como o acidente radiológico de Goiânia que provocou perdas diversas (veja capítulo 2 seção 2.6.4). Além do que, desde 1945, a "história da energia nuclear é expressiva em acontecimentos traumáticos", pois ficou marcado o "fim da Segunda Guerra Mundial e, ao mesmo tempo, o início da era atômica para a humanidade" (RODARTE, 2003, p.30).

Todos estes acontecimentos se constituíram numa pesada carga emocional para as pessoas, tornando-se compreensível então que muitos estudantes fiquem estarrecidos quando descobrem que as radiações também podem ser utilizadas em tratamentos médicos.

Ainda no contexto desta reflexão, chama atenção a pesquisa desenvolvida por Ferreira & Hosoume (2005, p.2) quando relatam na categoria denominada "Efeito Biológico" que em "20% das respostas a radiação é lembrada pelos perigos que oferece à nossa saúde" e em momento algum foi mencionado pelos participantes da pesquisa, os benefícios da radiação na área médica. Com isto, podemos dizer que obtivemos um bom resultado com as respostas dos alunos que participaram da UA, quando souberam reconhecer uma das vantagens da radiação.

5.3.5 Análise da questão 05

Das respostas dadas para esta questão, as alternativas C (ácidos ou abrasivos) e D (gasosos disseminados pelo vento) foram indicadas, respectivamente, por cinco e dez alunos do grupo de controle, e por nenhum aluno do grupo experimental. A alternativa B (que podem ser corrosivos) foi indicada por quatro alunos do grupo de controle, e por três alunos do grupo experimental. E a alternativa A (capazes de ionizar), que estava correta, foi indicada por dois alunos do grupo de controle e por vinte e um alunos do grupo experimental, como descrito no próximo gráfico.

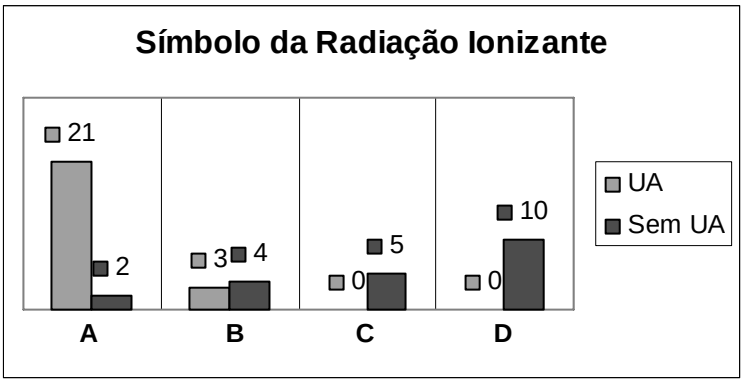


Figura 05 - Gráfico com as respostas dos alunos do grupo experimental e de controle sobre a questão 05.

Fazendo uma breve comparação com o primeiro instrumento, ao serem interrogados sobre a relação dos símbolos, apresentados na questão 02, com a radiação, foi constatado que dez alunos, do grupo experimental, fizeram a associação corretamente (veja capítulo 5 seção 5.1.2).

Instigados a desenvolver as atividades de forma sistemática na UA, procuramos, com o questionamento 05 desse instrumento, envolver além da figura propriamente dita, do símbolo da radiação, outros conceitos. Ou seja, nosso objetivo foi verificar a parte conceitual e interpretativa que envolve símbolo internacional das radiações. Com resultados mais significativos que os do primeiro instrumento, os alunos do grupo experimental, que participaram da UA, obtiveram resultados mais expressivos (87%) que os alunos do grupo de controle (9%) que não participaram da UA.

5.3.6 Análise da questão 06

A questão 06 abordou sobre o acidente radioativo que ocorreu em Goiânia provocando diversos danos ambientais, veja capítulo 2 seção 2.6.4. O principal objetivo foi verificar a compreensão dos alunos para algumas das conseqüências deste acidente, que ficou marcado como um dos maiores ocorridos na história. Lembramos que na questão 15, do primeiro instrumento, embora o AG não tenha sido mencionado, vinte e três alunos do grupo experimental acreditam que fazendo uso da radiação o homem pode prejudicar o meio ambiente (veja capítulo 5 seção 5.1.14).

Para as alternativas A (poluição do ar devido a fumaça na hora da explosão radioativa), B (morte dos peixes que foram contaminados no rio) e D (não conheço esse acidente) não houve nenhuma indicação dos alunos do grupo experimental. No entanto, o grupo de controle apresentou para as mesmas alternativas, respectivamente, três, uma e sete indicações. A resposta correta para o questionamento, caracterizada pela letra C (morte de pessoas devido aos efeitos biológicos da radiação), foi escolhida por todos os alunos do grupo experimental e apenas dez do grupo de controle. Vejamos as respostas no gráfico.

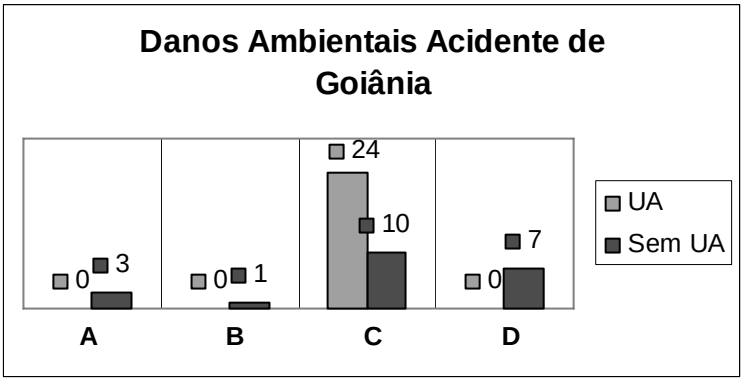


Figura 06 - Gráfico com as respostas dos alunos do grupo experimental e de controle sobre a questão 06.

De acordo com o gráfico, evidenciamos satisfatoriamente que 100% dos alunos que participaram da UA fizeram a associação correta. Podemos atribuir esse resultado ao envolvimento do grupo com o tema. Conforme descrito no capítulo 4 seção 4.1.1, foram utilizadas as fotos do local onde ocorreu o acidente, com o objetivo de aproximar os alunos da realidade em estudo. Com isto, muitos

sentimentos e expressões foram relatados pelos estudantes nas problematizações 2 e 3, do segundo instrumento, veja capítulo 5, seção 5.2.2 e 5.2.3.

5.3.7 Análise da questão 07

Explorando ainda mais o tema, a questão 07 buscou investigar o conhecimento dos alunos sobre as causas do acidente e, desta forma, ressaltar a importância do conhecimento para evitar tragédias como a que ocorreu em Goiânia em 1987.

Como podemos visualizar no gráfico, não houve nenhuma indicação dos alunos do grupo experimental para as alternativas A (médicos que usaram material contaminado em pacientes), C (uma empresa de fertilizantes que deixou vazar produtos químicos no rio) e D (não tenho conhecimento sobre esse acidente). Mas, para as mesmas alternativas, o grupo de controle apresentou, respectivamente, duas, duas e nove indicações. Para a alternativa B (falta de conhecimento dos catadores de lixo), que estava correta, houve total indicação do grupo experimental, e oito indicações do grupo de controle. Vejamos as respostas no gráfico.

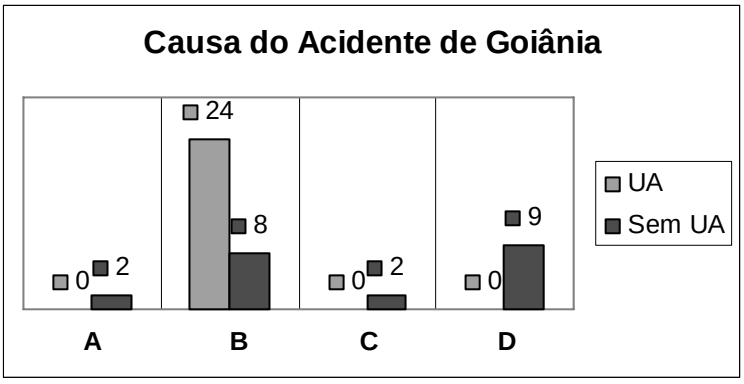


Figura 07 - Gráfico com as respostas dos alunos do grupo experimental e de controle sobre a questão 07.

Ressaltamos, na questão 07, o número expressivo de alunos, aproximadamente 43%, do grupo de controle, que diz não conhecer sobre o acidente de Goiânia e suas causas. Entendemos que esse desconhecimento acarreta outras lacunas em conceitos importantes do ensino de Física como os efeitos biológicos da radiação, a interação da radiação com a matéria, os tipos de radiação, entre outros.

5.3.8 Análise da questão 08

No primeiro instrumento, na questão 03, foi constatado que vinte e dois alunos do grupo experimental conheciam os raios-X, e ainda na questão 07, foi relatado, por quatorze participantes, que os raios-X poderiam contribuir favoravelmente para a saúde humana (veja capítulo 5 seção 5.1.3 e 5.1.7). Com isto, procuramos na UA aprimorar os conceitos científicos que envolvem a radiação na freqüência dos raios-X, onde a questão 08, deste instrumento, possibilitou aos dois grupos em estudo definir como ocorre a sua produção. Para isso, foi usada como exemplo uma fonte de raios-X empregada em hospitais, veja capítulo 2 seção 2.6.3.6.

Mediante as alternativas propostas na questão 08, a letra D (emite radiação quando os elétrons acelerados são freados ao colidir no alvo), compreendeu o conceito correto, sendo indicada por dezoito alunos do grupo experimental e por oito alunos do grupo de controle. As alternativas B (apesar do nome raios-X não emite radiação) e C (não apresenta perigo algum para o acompanhante) tiveram em cada uma três indicações do grupo de controle e nenhuma indicação do grupo experimental. E a alternativa A (emite radiação permanentemente, como uma fonte de césio) foi indicada seis vezes pelo grupo experimental e sete vezes pelo grupo de controle. Vejamos as respostas no gráfico.

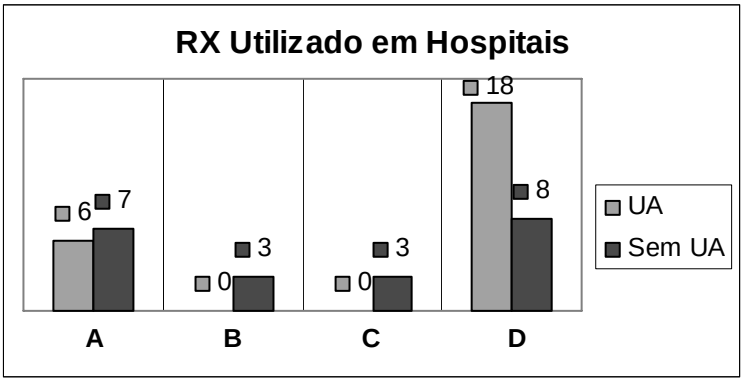


Figura 08 - Gráfico com as respostas dos alunos do grupo experimental e de controle sobre a questão 08.

Podemos perceber que o grupo experimental se destacou, apresentando 75% de respostas corretas, quando comparado com o grupo de controle, que apresentou 38%.

Os índices expressos no gráfico, para o grupo de controle, podem ser relacionados com uma investigação das concepções de trabalhadores da saúde,

auxiliares de enfermagem e atendentes de consultório odontológico, sobre os raios-X. Nesta investigação, foi constatado que "82,1% dos entrevistados afirmaram desconhecer as fontes de raios-X e suas aplicações" e ainda "30,8% afirmaram nada saber a respeito da conceituação e da caracterização dos raios-X" (COSTA & COSTA, 2002, p.163). Esses resultados mostram que, mesmo fazendo uso profissional de tecnologias que utilizam a radiação, existe uma grande incompreensão do fenômeno e dos conceitos envolvidos, o que pode dificultar os cuidados contra os efeitos danosos da radiação.

5.3.9 Análise da questão 09

Após investigar o conhecimento dos alunos sobre a origem dos raios-X, buscamos averiguar também a compreensão quanto aos cuidados cabíveis dessa exposição.

Lembramos que, na questão 10 do primeiro instrumento, dez alunos do grupo experimental definiram que os raios-X apresentam somente benefícios à saúde. Após participarem da UA, quando interrogados sobre os exames radiológicos, na questão 09 deste instrumento, evidenciamos que houve um avanço na compreensão dos riscos provocados pela exposição aos raios-X, de forma que vinte e três alunos do grupo experimental fizeram a associação correta, assinalando a alternativa B (se necessário e com uso de protetores de borracha enriquecida com chumbo), assim como doze alunos do grupo de controle também associaram corretamente.

Quanto às alternativas A (sem limite, pois é indicado pelos médicos) e C (para acompanhar a gestação do feto já que se trata de uma imagem), não houve indicações do grupo experimental e, respectivamente, o grupo de controle apresentou cinco e uma indicação. E, para a alternativa D (uma vez por ano como exame de rotina, mesmo sem a suspeita de fraturas) o grupo experimental fez uma indicação e o grupo de controle fez três. Vejamos as respostas no gráfico.

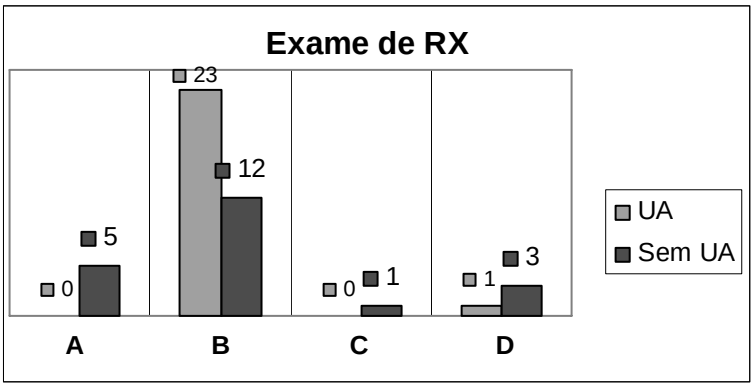


Figura 09 - Gráfico com as respostas dos alunos do grupo experimental e de controle sobre a questão 09.

A descoberta dos raios-X favoreceu diretamente a sociedade, principalmente em relação à Medicina. No entanto, alguns cuidados são necessários na utilização dessas tecnologias, a fim de evitar problemas para a saúde. Nesse contexto, os próprios autores, Costa & Costa, já citados, destacam que "apenas 7,7% dos entrevistados mencionaram o fato de devermos nos submeter a exames dessa natureza apenas quando realmente necessário" e que "apenas 5,1% dos entrevistados têm consciência da utilização da proteção de chumbo (colete) e da blindagem do ambiente de radiodiagnóstico como meios de proteção" (COSTA & COSTA, 2002, p.164). Apontamos a necessidade de se efetivar estratégias de ensino que contribuam para o entendimento da Ciência e suas implicações no cotidiano da sociedade.

5.3.10 Análise da questão 10

Na primeira problematização, que tratou dos prejuízos da radiação para a saúde, foi definido por uma dupla de alunos, do grupo experimental, que a radiação desencadeia danos por aumentar o buraco na camada de ozônio. Veja capítulo 5 seção 5.2.1. Com isto, a questão 10 buscou abranger alguns dos conceitos envolvidos na apresentação da RUV na UA, sob o aspecto da proteção contra os seus efeitos, e assim refletir a função e a importância do gás ozônio presente na atmosfera.

Ao responderem como os raios ultravioletas podem ser atenuados, a alternativa A (pelo gás de ozônio O_3), que estava correta, foi representada por vinte e um alunos do grupo experimental e por onze alunos do grupo de controle. Para a alternativa B (pelo gás carbônico CO_2) houve três indicações do grupo experimental e uma indicação do grupo de controle, para a alternativa C (pelo efeito estufa) houve apenas as nove indicações do grupo de controle, e para a alternativa D (pelo gás

nitrogênio N) não houve indicações de nenhum grupo. Observe a disposição das respostas no gráfico.

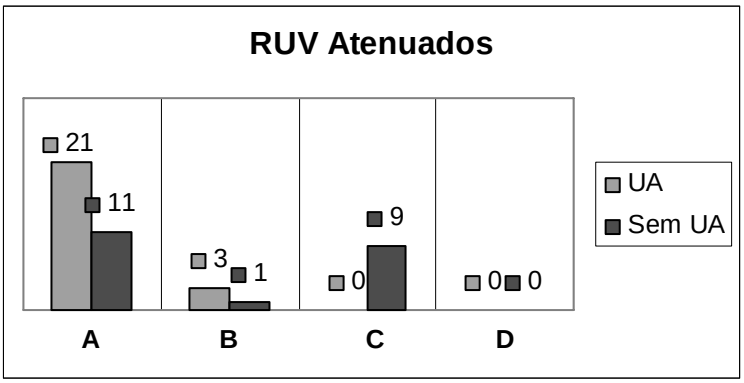


Figura 10 - Gráfico com as respostas dos alunos do grupo experimental e de controle sobre a questão 10.

De acordo com os resultados no gráfico, o grupo de controle apresentou indicações bem próximas para as alternativas A (52%) e C (42%), mas é importante refletir que as mesmas representam conceitos científicos distintos e que os índices sugerem certa desinformação do grupo.

A camada de ozônio, como já foi mencionada (veja capítulo 5 seção 5.2.1), pode ser comparada a uma espécie de manto protetor, que "protege a superfície terrestre contra os raios ultravioletas, provenientes do Sol, salvaguardando a vida no planeta" (LANDULFO, 2005, p.85). Contudo, o efeito estufa é um fenômeno que ocorre quando uma parte da radiação solar refletida pela superfície terrestre é absorvida por determinados gases poluentes presentes na atmosfera, "em particular o dióxido de carbono (CO_2)" proveniente da "disseminação da industrialização" (LANDULFO, 2005, p.94).

5.3.11 Análise da questão 11

No primeiro instrumento, na questão 03, foi constatado que a maioria dos alunos do grupo experimental (22) ouviu falar sobre a RUV, (capítulo 5 seção 5.1.3). Com a UA foi possível discutir os conceitos de freqüência e comprimento de onda da radiação, caracterizando, desta forma, as subdivisões da RUV em UVA, UVB e UVC, veja capítulo 4, seção 4.1.3. Com isto, neste instrumento, na questão 11, os alunos determinaram quais as radiações compõem o espectro da RUV.

Percebemos, de acordo com o gráfico, que todas as alternativas tiveram indicações dos dois grupos, sendo que para a primeira alternativa, letra A

(microondas curtas, microondas médias e microondas longas), ocorreram duas indicações de cada grupo. A alternativa B (raios alfa, raios beta e raios gama), foi apresentada pelo grupo experimental e pelo grupo de controle, respectivamente, com uma e duas indicações. A alternativa C (infravermelho, visível e invisível), foi indicada por dois alunos do grupo experimental e por quatro alunos do grupo de controle. Por fim, a alternativa D (raios UVA, UVB e UVC), que estava correta, foi indicada por dezenove alunos do grupo experimental e por treze alunos do grupo de controle. Vejamos o gráfico.

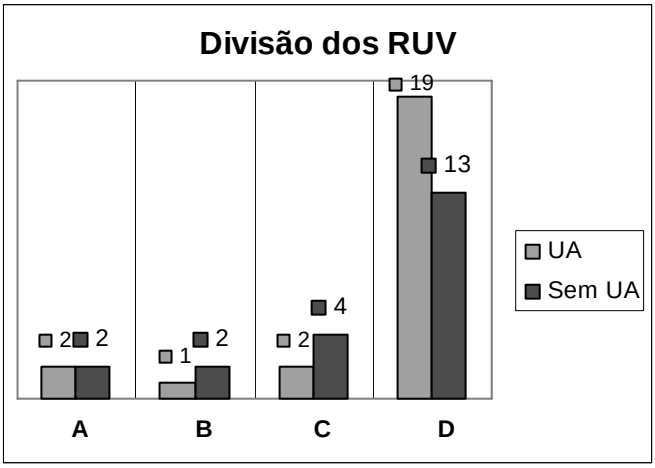


Figura 11 - Gráfico com as respostas dos alunos do grupo experimental e de controle sobre a questão 11.

Importante esclarecer que achamos conveniente definir, na UA, os diferentes tipos de RUV para compreender suas características e seus efeitos biológicos. Veja capítulo 2 seção 2.6.3.5.

5.3.12 Análise da questão 12

A questão 12 complementou a questão anterior, pois para melhor compreender os efeitos da radiação RUV foi importante reconhecer, sob o aspecto da freqüência e do comprimento de onda, suas variações.

As opiniões dos alunos do grupo experimental dividiram-se um pouco, no entanto ainda a maior percentagem (75%), correspondendo a dezoito alunos, acertou a questão assinalando a alternativa A (pelos raios ultravioletas), e todos os alunos do grupo de controle, decisivamente, marcaram a alternativa correta. Quanto às alternativas B (pelas microondas), C (pela luz visível do sol) e D (pelo calor do sol)

foram escolhidas, respectivamente, por dois, um e três alunos do grupo experimental. Veja as respostas no gráfico.

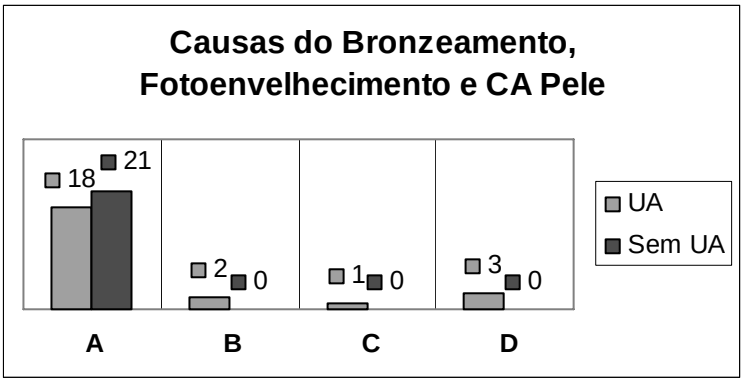


Figura 12 - Gráfico com as respostas dos alunos do grupo experimental e de controle sobre a questão 12.

Acreditamos que na questão 12 houve uma espécie de confusão, por parte dos alunos do grupo experimental, visto que os mesmos participaram das atividades propostas na UA e poderiam ter atingido um melhor índice de acertos, quando comparados com o grupo de controle, que não participou da UA. Evidenciamos que essa confusão pode ter ocorrido pelo fato de as alternativas, na questão 12, apresentarem vários tipos de radiações que eram de conhecimento do grupo.

Contudo, esse conhecimento acabou dificultando na escolha da alternativa correta, o que não ocorreu para o grupo de controle, que associou diretamente o câncer de pele com a radiação ultravioleta.

5.3.13 Análise da questão 13

Considerando o primeiro instrumento, na questão 12, foi verificado que para vinte e dois alunos, do grupo experimental, é mais saudável se bronzear sob os efeitos da radiação UV proveniente do Sol do que com o uso das câmaras de bronzeamento artificial. As justificativas apresentadas pelo grupo, para diferenciar os dois tipos de bronzeamento, ainda que satisfatórias, foram consideras imprecisas, veja capítulo 5 seção 5.1.12.

Tendo em vista o propósito de identificarmos com mais detalhes, o grau de entendimento do grupo experimental sobre esse tópico, após participarem da UA, elaboramos a questão 13 deste instrumento, da mesma maneira que buscamos

compreender quais eram as idéias dos alunos do grupo de controle para a mesma questão.

Os alunos do grupo experimental foram unânimes assinalando corretamente a alternativa C (é prejudicial à saúde, causando fotoenvelhecimento precoce), enquanto que para o grupo de controle houve dezesseis indicações. Para as alternativas A (é uma forma saudável de preparar a pele para o Sol do verão) e D (não se compara aos efeitos danosos provocados pelo sol) houve, respectivamente, apenas uma e quatro indicações do grupo de controle. E para a alternativa B (por ser uma alternativa rápida de ficar com a pele morena é saudável) não foram apresentadas indicações dos dois grupos. Veja no gráfico os índices dos dois grupos.

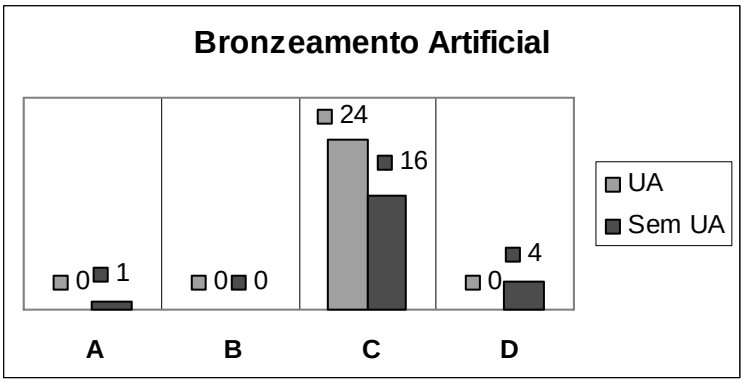


Figura 13 - Gráfico com as respostas dos alunos do grupo experimental e de controle sobre a questão 13.

Diversos efeitos nocivos à saúde podem ser causados pela exposição demasiada à radiação UV, seja proveniente do Sol ou de fontes artificiais como a câmara de bronzeamento. Veja capítulo 2 seção 2.6.3.5. No entanto, os "hábitos culturais e estéticos que fomentam a hipótese de que um corpo bronzeado é mais saudável ou bonito", prevalecem principalmente entre os adolescentes e os jovens (CORRÊA, 2004, p.3). Neste sentido, com o intuito de proteger os menores de idade, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio da Resolução – RDC nº 308, de novembro de 2002, estabelece que "fica expressamente proibido o procedimento de bronzeamento artificial em pessoa com idade inferior a 16 (dezesseis) anos, e em pessoa com idade entre 16 (dezesseis) anos e 18 (dezoito) anos, sem expressa autorização de seu responsável legal".

5.3.14 Análise da questão 14

Relembrando algumas questões do primeiro instrumento, que tratam da radiação solar, podemos citar as de número 13 e 14. De acordo com essas questões, constatamos que grande parte dos alunos (19) acredita que se deve ter cuidados durante a exposição ao Sol, em todas as localidades. Mas, quando questionados sobre as estações do ano, no mesmo contexto da necessidade de proteção solar, as opiniões ficaram divididas, destacando-se o verão (11) e todas as estações do ano (13). Veja capítulo 5 seção 5.1.13. Com esta análise, evidenciamos que foi expressiva a idéia de que no verão estamos mais vulneráveis aos efeitos danosos da RUV, quando na verdade sofremos seus efeitos durante todas as estações do ano (veja capítulo 2 seção 2.6.3.5).

Com isto, buscamos verificar na questão 14, deste instrumento, a compreensão do grupo experimental, após participar da UA, e do grupo de controle para o tema da exposição do solar.

Diante das alternativas, a letra A (é dispensável a proteção solar nos dias nublados, pois o calor é menor) foi indicada por um aluno do grupo experimental e por quatro alunos do grupo de controle. As letras B (o uso de proteção solar só é necessário no verão) e C (no inverno não é perigoso porque não queima) foram indicadas, respectivamente, duas vezes, porém a primeira apenas pelo grupo de controle e a segunda apenas pelo grupo experimental. E a letra D (os raios UVA são constantes ao longo do ano), que estava correta, foi indicada por 21 alunos do grupo experimental, correspondendo a 87,5% do número total de participantes, e por quinze alunos do grupo de controle, correspondendo então a aproximadamente 71%. Vejamos esses índices no gráfico.

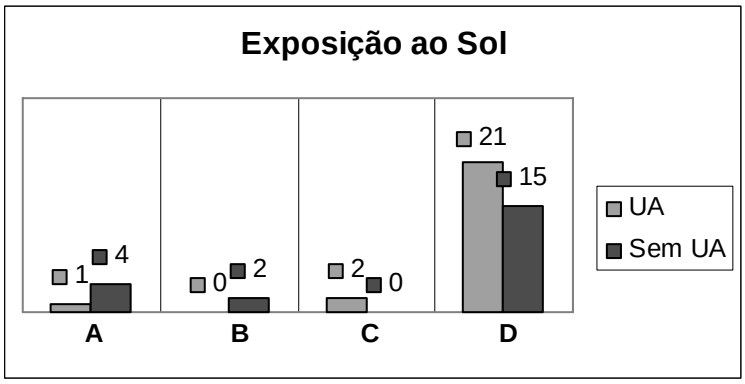


Figura 14 - Gráfico com as respostas dos alunos do grupo experimental e de controle sobre a questão 14.

Visto que as diferenças nos resultados não foram significativas para os dois grupos em estudo, novamente nos aproximamos da realidade encontrada por Rego (2004, p.91), ao constatar que para "87,2%" dos alunos a radiação ultravioleta é uma das mais conhecidas. Segundo o autor, esse resultado é "compreensível pois durante o Verão os alunos são constantemente alertados para se protegerem delas, sendo estas extremamente prejudiciais para a saúde humana" (Ibid., 2004).

5.3.15 Análise da questão 15

Na questão 15, pretendeu-se verificar o posicionamento dos dois grupos para os conceitos de contaminação e irradiação. Veja capítulo 2 seção 2.6.4. Buscando ainda uma relação com o primeiro instrumento, podemos citar a questão 09, onde constatamos que para vinte e três alunos, do grupo experimental, a conservação dos alimentos, através do processo de irradiação, causa prejuízos à saúde. Veja capítulo 5 seção 5.1.9.

Dessa forma, as alternativas A (foi irradiada por um aparelho de radioterapia) e B (fez um exame de raios-X) foram indicadas, respectivamente, por dois e um participantes do grupo de controle, e por nenhum aluno do outro grupo. A alternativa C (teve contato interno ou externo com material radioativo), que estava correta, foi indicada por vinte e três alunos do grupo experimental e por dezessete alunos do grupo de controle. E, por fim, a alternativa D (ingere legumes expostos à radiação) foi indicada por um aluno de cada grupo. Vejamos esses índices no gráfico.

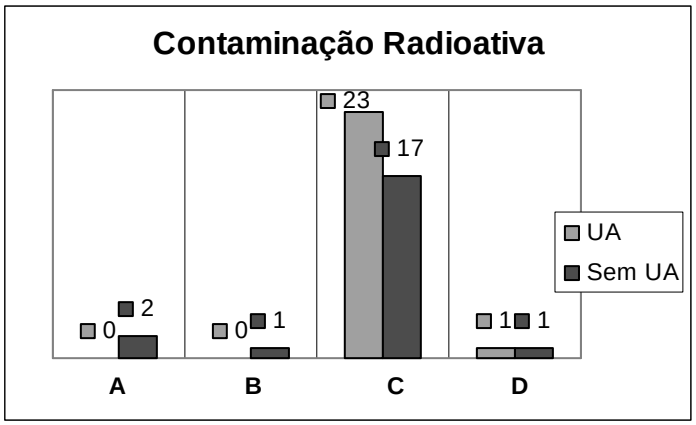


Figura 15 - Gráfico com as respostas dos alunos do grupo experimental e de controle sobre a questão 15.

Para o tema focado nessa questão, foram discutidos aspectos sobre os efeitos biológicos decorrente do acidente de Goiânia e sobre a conservação dos alimentos, através da irradiação. Com isto, evidenciamos que as idéias apresentadas inicialmente pelo grupo experimental, na questão 09 do primeiro instrumento, e que estavam ao encontro dos resultados encontrados por Ornellas (et al., 2006), foram superadas, com uma melhor compreensão do assunto, conforme os resultados agora demonstrados.

5.4 Análise do Instrumento 4: Entrevista semi-estruturada

As entrevistas, que foram analisadas qualitativamente, nos ajudaram a compreender, com mais detalhes, os argumentos dos alunos, através da fala, para as situações que podem estar presentes em seu cotidiano.

Dessa forma, realizamos entrevistas semi-estruturadas (veja capítulo 3 seção 3.3.4), com cinco alunos pertencentes ao grupo que participou da UA, como segue na análise abaixo.

5.4.1 Análise da questão 01

Supõe que uma pessoa que tu conheces conte que está com câncer. O médico disse que é necessário um tratamento com radiação, mas não entrou em detalhes. Teu amigo está pensando em não fazer o tratamento porque tem medo da radioterapia. De acordo com teus conhecimentos, o que tu dirias para teu amigo?

A primeira questão nos possibilitou entender quais argumentos podem ser usados pelos alunos para esclarecer o tratamento com radiação, quando for necessário, na cura contra o câncer. Muitas famílias vivenciam esta realidade, sentindo-se confusas e fragilizadas quando descobrem que algum ente está com câncer, e a falta de conhecimento sobre a radioterapia e suas causas pode tornar a situação ainda mais delicada.

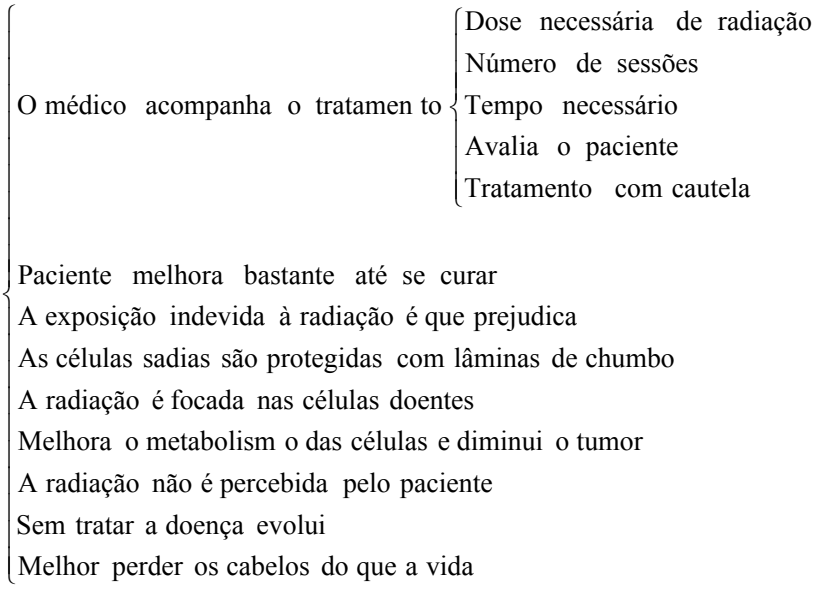


Figura 38 - Rede sistêmica dos comentários dos alunos relacionados à questão 01.

Importante ressaltar que todos os cinco entrevistados acreditam que o tratamento deve ser feito, pois assim como a radiação pode provocar danos à saúde, uma de suas grandes vantagens é na cura de doenças como o câncer.

A radioterapia, ou seja, terapia com radiação, representa para os alunos uma possibilidade viável de cura, pois o paciente é acompanhado pelo médico e por sua equipe. Esta terapia vai ser conduzida, com cautela, depois de uma avaliação das condições do paciente, o médico vai determinar a dose de radiação, o número de sessões e o tempo de exposição necessário para que o paciente tenha a melhor resposta possível.

Foi relatado que a saúde pode ser prejudicada pela exposição indevida à radiação, dessa forma, para minimizar qualquer efeito sobre as células sadias, a radiação é focada para atingir apenas o tumor, enquanto as outras áreas são protegidas com lâminas de chumbo que, por apresentarem uma grande densidade, são utilizadas para bloquear a radiação desnecessária.

Ainda segundo os depoimentos, a radiação interage com o metabolismo celular, porém o paciente não consegue perceber nada quando está sendo irradiado, já que suas propriedades são imperceptíveis aos sentidos humanos. O fato de que nada é visto, tocado, ouvido, sentido ou saboreado, na presença do elemento radioativo, pode causar ao paciente, aparentemente por nada ocorrer, desconfiança e descrédito na cura da doença. É importante tentar esclarecer todas as dúvidas do

paciente, com a equipe médica, amigos e familiares, para ter tranqüilidade durante o processo, pois sem o tratamento, ou ainda com a interrupção indevida do mesmo, a doença pode agravar. A queda dos cabelos, muitas vezes, ocasionada pelo tratamento com químicos, pode ser outro motivo para deixar o paciente deprimido, mas a mesma não deve ser motivo de desistência. Vejamos alguns dos depoimentos dos entrevistados relacionados a essa questão:

Entrevistado B:

"... a radiação tu não sente que ela interage contigo ela interage no teu corpo, nas células mas não tem cor, não tem cheiro, não sente um calor uma coisa assim na pele, talvez é por isso que a pessoa desacredite no tratamento, tu não sente nada acho que é assim".

"... eu nunca vi, entrei nessas salas, mas eu acho que eles tentam é isso eles tentam proteger o máximo o local que não está afetado pra não receber".

Entrevistado C:

"eu diria para ele se tratar porque o médico não vai faze nada assim a moda louco, ele vai manda um número x né de sessões para ele pode se trata".

"... é uma fonte de energia que emite radiação, aqui no caso é cobalto 60 ai vai emitir uma certa dose para matar as células cancerígenas".

"não é toda a radiação que causa câncer, é a forma indevida da radiação entendeu, porque um médico mesmo não vai chega para ti e vai dizer a tu vai lá fazer até te cura, não é assim entendeu".

"eu sei que assim ó eles vão diagnosticar sabe o tamanho ali, e ai eles vão acho sei lá tapa o negócio com lâminas de chumbo, chumbo acho que é, que ai não passa né porque a densidade do chumbo é maior".

Entrevistado D:

"além de provocar o câncer também previne né ainda mais se for cedo, previne não, combate se for cedo, se for descoberto antes".

"ia dizer que é um tratamento através da radiação, só que é uma radiação limitada assim tem um número certo de seções de tratamento pra pode cura a doença, tratar a doença, não é assim a revelia de qualquer modo é uma coisa certa".

Entrevistado E:

"a minha tia ta com Câncer".

"... eu falei pra minha tia, ela não queria, eu disse que ela tinha que ir porque era bom, porque ia ajudar ela no tratamento, ela dizia que não que não ia".

"tinha medo eu acho de perder o cabelo, essas coisas. Ai eu disse não é melhor tu perder o cabelo, do que perde a vida, ai ela pegou e foi. Até acompanhei ela umas duas vezes ou três vezes".

5.4.2 Análise da questão 02

Falamos bastante sobre radiação. Hoje, quais tuas idéias sobre a radiação? O que ficou pra ti de tudo o que conversamos?

Sobre as campanhas preventivas de câncer de pele veiculadas através dos meios de comunicação, onde se destaca a televisão, foi perguntada a opinião dos entrevistados, se as mesmas são suficientes para esclarecer as dúvidas e conscientizar a população quanto à necessidade de proteção contra os efeitos danosos da exposição solar, provocados pela radiação ultravioleta. A rede sistêmica abaixo apresenta algumas respostas.

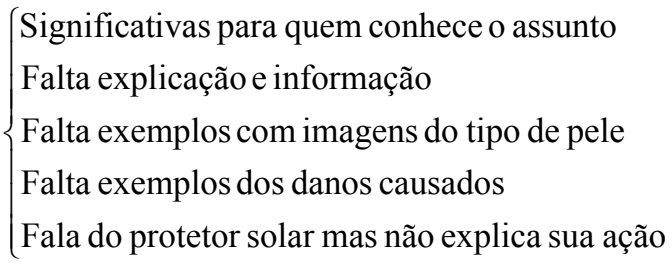


Figura 39 - Rede sistêmica dos comentários dos alunos relacionados à questão 02.

Segundo as justificativas dos alunos, a forma como as campanhas preventivas contra o câncer de pele são apresentadas na mídia não despertam interesse para a grande maioria, visto que as mesmas são significativas somente para aqueles que já possuem um conhecimento prévio. Estas campanhas passaram a ser compreendidas pelos entrevistados após a participação das atividades propostas na unidade de aprendizagem (UA), pois o grupo de alunos possui novos conhecimentos sobre o assunto, o que torna um diferencial positivo para entender a mensagem de alerta e de prevenção. A seguir são apresentados três relatos sobre essa questão:

Entrevistado C:

"eu mesmo antes de sabe tudo isso que a gente aprendeu eu olhava na TV eu ah aí vem essa propaganda chata de novo sabe, mas eu não sabia o porquê agora que a gente sabe eu acho que falta mais informação".

Entrevistado E:

"*muita gente sem estudo ou que não entende nada vão olhar aquilo ali e não vão entender nada".*

Seria importante que todos tivessem um conhecimento adequado e consciência, a fim de proporcionar ações preventivas contra os prejuízos da radiação ultravioleta causado a pele. Um local apropriado para discutir sobre este tema e aprofundar os conhecimentos científicos é a escola, visto que atualmente grande parte das crianças, dos jovens e dos adultos freqüenta estes ambientes de educação. Segundo o relato do entrevistado C, a escola deveria proporcionar atividades sobre a radiação do Sol e seus efeitos ainda nas séries iniciais.

"as crianças mesmo na série de terceira, quarta série tudo bem eles não sabem o que é elétrons, átomos mas assim falar do Sol para eles seria importante saber porque, acho que tinha que começa assim mais cedo entende".

Perguntamos aos estudantes o que foi significativo aprender e quais conhecimentos existentes foram ampliados, com o desenvolvimento dos tópicos na UA. A próxima rede sistêmica sintetiza as respostas dos alunos.

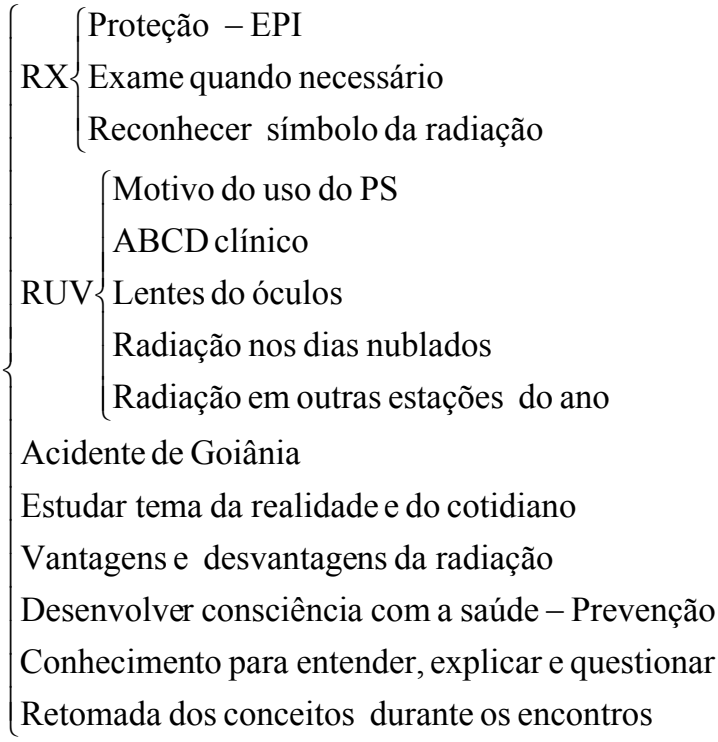


Figura 40 - Rede sistêmica dos comentários dos alunos relacionados à questão 02.

Certamente os cuidados com a saúde foram um dos fatores mais relevantes para os alunos. Estudar sobre a radiação, na escola, possibilitou uma experiência nova e gratificante, que ofereceu um conhecimento diferenciado, com mais propriedade. Em relação aos temas abordados, destacou-se a importância do símbolo da radiação, da produção do RX e o que pode acarretar a sua exposição desnecessária, assim como a importância de conhecer o EPI, equipamentos de proteção individual e a sua função ao realizar RX.

Após ser desenvolvido o tema da RUV, a necessidade de proteção obteve um novo sentido para os alunos, com isto, foram destacados diversos itens para atenuar os efeitos na pele, entre eles o protetor solar (PS). Para este grupo, as proteções eram necessárias somente no Verão, pois os mesmos não sabiam que a radiação continua sendo emitida em outras estações do ano e até mesmo em dias nublados. Reconhecer o ABCD clínico do câncer de pele, onde o A caracteriza a assimetria, o B a borda, o C a cor e o D o diâmetro dos sinais na pele, e entender a necessidade de lentes especiais nos óculos que impedem a passagem da RUV, também foi eficaz para a prevenção.

Os alunos demonstraram interesse pelo tema, por ser desvendado um assunto da sua própria realidade. Ficaram surpresos com o acidente ocorrido em Goiânia,

segundo eles, provocado pela irresponsabilidade de algumas autoridades e desconhecimento da população. Com isto, acreditam ter desenvolvido um novo entendimento sobre a radiação, suas vantagens e desvantagens, o que lhes proporcionou mais consciência com as ações preventivas, capacidade para entender o seu cotidiano e lhes permitiu experimentar novas explicações e questionamentos da realidade.

Foi relatada também a importância da retomada dos conceitos principais, durante as atividades, diminuindo, com estas revisões, as dificuldades que por ventura poderiam surgir ao longo dos encontros.

5.4.3 Análise da questão 03

Na tua opinião, quais as vantagens das radiações? E as desvantagens?

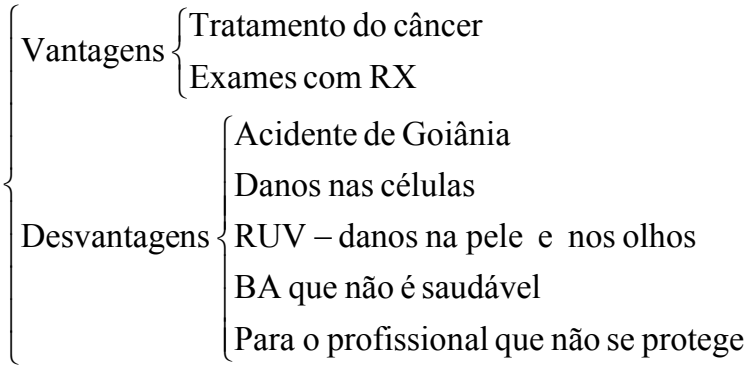


Figura 41 - Rede sistêmica dos comentários dos alunos relacionados à questão 03.

Os cinco entrevistados mencionaram que assim como a radiação apresenta vantagens também apresenta desvantagens. O tratamento contra o câncer foi uma das vantagens mais significativas de acordo com a fala dos alunos e, logo após, o uso da técnica do RX para obter imagens médicas.

O acidente ocorrido em Goiânia, em 1987, foi visto como uma das desvantagens do uso da radiação. Este acidente, que era desconhecido para os alunos, causou sentimentos de indignação, pela irresponsabilidade dos donos da clínica e surpresa com as conseqüências causadas pela falta de informação da população. Outra forma de prejuízo mencionada foram os efeitos prejudiciais nos olhos e na pele causados pela radiação ultravioleta, assim como os danos em geral causados nas células por diversos tipos de radiação. O bronzeamento artificial (BA) foi indicado por ser uma forma de exposição à radiação que não é saudável para o organismo e,

por último, foi relatada por um dos entrevistados a preocupação com o profissional que trabalha com a radiação e não se protege devidamente.

O BA foi um dos temas, referente à radiação ultravioleta, trabalhado na UA com o objetivo de alertar os alunos quanto aos prejuízos provenientes do uso desta técnica. Com isto, o entrevistado C destacou no seu relato que ficou curioso com o bronzeamento a jato, uma espécie de preparado líquido usado em spray para tingir a pele, de maneira a iniciar uma pesquisa através de ligação telefônica para uma clínica estética. Segundo o entrevistado C, foi uma surpresa perceber que a atendente da clínica insistia muito para o uso do BA com as lâmpadas de radiação ultravioleta, mesmo o entrevistado demonstrando conhecimento e argumentando contra os prejuízos causados por este tipo de bronzeamento. Abaixo segue o relato:

"Esses dia eu também fui fazer entre aspas uma pesquisa pro bronzeamento porque eu queria sabe como era aquele a jato, e ai a mulher insistindo pra mim fazer o artificial, e eu falando que o artificial não era bom e ela insistindo para mim fazer o artificial, não, eu quero saber do a jato... eu liguei pra lá para sabe como é que era, que é um líquido assim né, eu queria sabe como é que era, e ela insistindo para eu fazer o artificial e eu dizendo que não, que eu não queria, que não sei o que, e ela insistindo, e eu fiquei assim sabe com uma baita curiosidade né, porque como é que pode saber que aquilo não é bom e tu fica insistindo para uma pessoa faze né, eu achei muito interessante".

Neste contexto, evidenciamos o quanto o jovem que está despreparado, sem conhecimento necessário para entender os danos causados a pele e, sem conscientização, pode se tornar um alvo fácil do apelo ao consumo destas tecnologias.

Estudar as vantagens e as desvantagens da radiação apresentou ser uma atividade motivante para os alunos, que acrescentou um novo olhar para a prevenção. Foi evidenciado, conforme os depoimentos, que a aprendizagem se tornou mais agradável e estimulante devido alguns recursos usados na UA. A rede sistêmica a seguir define uma síntese dos argumentos usados.

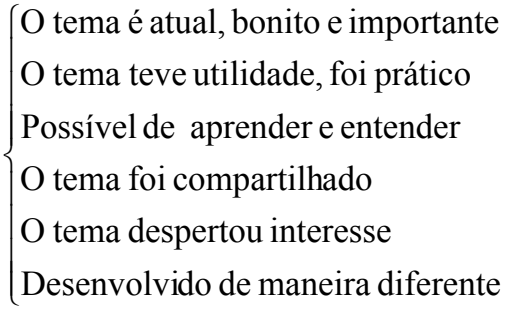


Figura 42 - Rede sistêmica dos comentários dos alunos relacionados à questão 03.

Os temas desenvolvidos na UA foram prestigiados por serem atuais, bonitos e importantes. A compreensão dos conceitos foi vista como necessária devido a sua grande utilidade no cotidiano, pois muitas tecnologias empregam a radiação. A metodologia de ensino utilizada, segundo os relatos, foi diferenciada e possibilitou ao aluno um melhor entendimento das questões, conseqüentemente um melhor aprendizado. Com o trabalho em grupo, o recurso das fotos e dos EPIs demonstrados em aula, novos interesses foram despertados como, por exemplo, estudar as demais radiações que compõem o espectro eletromagnético, fazer vestibular para o curso de Física, maior atenção aos noticiários ou outros meios que informem sobre a radiação, compartilhar com amigos, familiares e até mesmo com os outros alunos da escola, os cuidados com a prevenção e as demais abordagens que foram estudadas. Vejamos alguns comentários:

Entrevistado A:

"O tubo aquele e trouxesse fotos também, as fotos foram bastante interessante".

"... um avental e o protetor da tireóide ali, mas nunca, eu não sabia o que era aquilo ali né, nem imaginava o que era, e ai tu trouxe a gente tocou e viu".

Entrevistado B:

"... foi um assunto bom de ser tratado eu acho e atual e bonito".

"... tudo achei bom principalmente o trabalho de grupo achei bem legal".

"Eu acho que a turma gostou bastante, gostou mesmo, assim pelo menos assim ó tu vê o interesse da turma pelos comentários depois sabe, que tem matérias que são passadas e que é bem assim entra pelo um ouvido e sai pelo outro, mas assim não, é uma coisa que a gente lembra até hoje, às vezes a gente se encontra

assim na rua e fala, ah olha a radiação, acho que talvez seja porque é um assunto atual, ou talvez um assunto importante".

Entrevistado C:

"... contigo mesmo, tu pode vê, tudo ficou, tudo que a gente viu ali fico, porque não foi trabalhado assim teoria, teoria, teoria sabe".

"... tudo que a gente viu de uma certa forma teve uma utilidade, sabe assim agora né o caso do raio-X, agora no Verão mesmo, a gente sabe o porque do protetor solar, a gente aprendeu entendeu eu acho que não anda pensando só porque a mãe ta insistindo eu vou botar, não porque eu sei porque acho que foi bem proveitoso".

Entrevistado D:

"... até achei que foi até um pouco fácil sabe, que seria legal se a gente aprendesse as outras radiações também seria legal."

"... chego em casa eu falo pra minha mãe eu conto pra ela conto pro meu irmão, mas nos outros anos sinceramente! Por isso que eu to tão ruim em Física sabe não consegui fixa nada".

Entrevistado E:

"*Gostei de tudo".*

"*É porque é uma coisa diferente né que a gente nunca tinha visto*".

As motivações dos alunos ajudam a entender como as aulas de Física, e de outras Ciências, podem tornar-se mais estimulantes e atrativas, com a finalidade de melhorar a qualidade no ensino. O educando, muitas vezes, sente-se desestimulado por não conseguir entender os conceitos desta Ciência e por não ver aplicação em seu meio social, parecendo que o currículo da disciplina não oferece utilidade para seu crescimento pessoal. Com isto, os alunos nos apresentaram, de acordo com suas experiências vivenciadas na sala de aula, algumas dicas, dispostas na rede sistêmica, do que seria interessante fazer para chamar mais a sua atenção.

Diminuir ênfase em contas e fórmulas
Fazer experiência, trabalhar em grupo
Estudar assuntos diferentes, mais práticos
Evitar a forma escolar de ensino, didática
O método de ensino está antiquado
Aprofundar temas do cotidiano como na UA

Figura 43 - Rede sistêmica dos comentários dos alunos relacionados à questão 03.

Uma das grandes dificuldades encontradas é o entendimento das fórmulas e das contas apresentadas na disciplina de Física. Para alguns alunos, a ênfase dada aos cálculos torna as aulas cansativas e desestimulantes. Foi relatado o interesse pelas experiências e por atividades de pesquisa em grupo, onde a interação e a troca de conhecimento facilitam o aprendizado, conduzindo, dessa forma, ao envolvimento efetivo de todos.

O método de ensino é considerado antiquado, o professor desenvolve o papel principal, ele planeja o material e depois aplica as teorias e os cálculos. Neste contexto, o aluno não participa das decisões, apenas recebe os conhecimentos. Veja capítulo 2 seção 2.2. Com isto, muitos tópicos são trabalhados, entretanto são poucos explorados, o que, de certa forma, torna o ensino superficial e este não atinge as necessidades e os interesses dos alunos. Referente a essa categoria, veja alguns dos depoimentos.

Entrevistado A:

"Eu não conseguia entende sabe, só sei que era pior, ah eu não sei nem como eu passei, mas eu fazia as coisas, mas eu não me achava dentro da Física sabe"

Entrevistado B:

"... foi mais específico, foi mostrado bem onde, o que acarreta essa radiação, eu não tinha noção disso, não tinha noção nem do acidente de Goiânia, não tinha noção nem que podia acontece isso com alguém".

"... acho que principalmente a maneira que foi dada a aula, eu gostei bastante, acho que a participação dos alunos também né foi uma turma bem participativos, comparada as outras matérias".

"... acho que sempre é bom assim quando vem alguém com uma proposta bem diferente, com uma coisa diferente assim pra trazer, muito bom assim fica uma aula diferente".

Entrevistado C:

"... por isso que eu acho que foi mais interessante sabe, porque se fosse só tu no quadro ali dizendo, dizendo, dizendo, talvez a gente ia até dormindo em aula sabe, mas não a gente viu fotos, a gente viu com os nossos olhos não foi uma coisa só ouvida entendeu não é uma coisa que ia entra e sai não ficou imagem".

Entrevistado D:

"... eu gostei sabe por que, eu não gosto de Física mais na verdade mais por causa de fórmulas, assim sabe não sou muito boa pra isso, pra esse tipo de coisa fórmula, mas eu gostei porque foi bem teórico assim a aula sabe foi bem prática".

"... mais parte prática assim porque a gente não sai da sala de aula, não por não sai da sala de aula, mas porque é sempre a mesma coisa sabe, as professoras passam a matéria, dá exercício, aquele monte de fórmula, aquele monte de coisa, é completamente diferente sabe e, agora tu mesmo mostrou que na física tem um monte de coisa diferente, a radiação de uma forma completamente diferente sabe, aquele mesmo esquema sempre de matéria de fórmula não tinha tido, se tivesse tido uma vez por mês seria vantagem, uma vez por semestre seria diferente, acho que a gente enjoa sabe sempre a mesma coisa".

"... eu acho que a Física vai além disso sabe, tem tanta coisa que a gente vive que é Física".

Entrevistado E:

"Não te muita conta".

"Aí porque conta mata, trabalha em experiências, coisas diferentes, não tipo o padrão assim".

5.4.4 Análise da questão 04

Depois do que foi trabalhado em aula, tu acreditas que esses novos conhecimentos vão te fazer agir de forma diferente?

Com este questionamento, o objetivo foi entender se de alguma maneira os alunos se sentiram motivados, com conhecimentos mais aprimorados sobre o tema, capazes de desenvolver novas ações no seu cotidiano. Os cinco entrevistados se posicionaram de maneira eficaz quanto às novas maneiras de agir no seu cotidiano, referente à proteção contra os efeitos danosos da radiação.

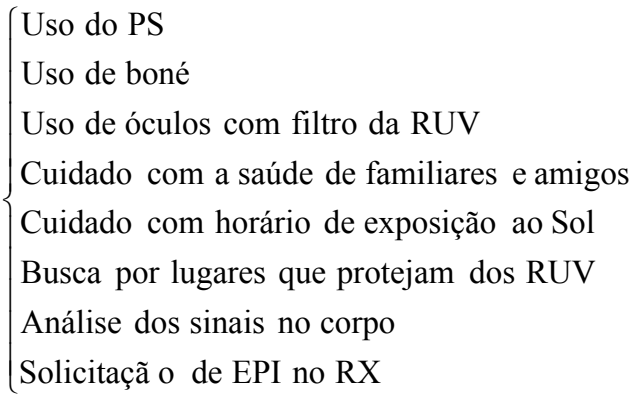


Figura 44 - Rede sistêmica dos comentários dos alunos relacionados à questão 04.

O uso do PS foi pronunciado como uma das novas ações mais marcantes para os entrevistados. Eles julgam que entenderam o valor e a necessidade desta forma de proteção contra os RUV, porque foi através do conhecimento científico, com exemplos vivenciados em sua realidade, que puderam aprender melhor sobre o tema. Visto que, antes estas informações tinham o caráter informal, através dos meios de comunicação e, por sua vez, não eram tão significativas e mobilizadoras.

Associado ao uso do PS, também foi mencionada a importância de outros acessórios como o boné e o óculos que tenha lentes especiais, com a função de filtrar a RUV. Um dos entrevistados mencionou que é importante saber a procedência dos óculos, se realmente ele é capaz de filtrar os RUV, caso contrário, na dúvida da garantia quanto às lentes, o outro entrevistado diz que é melhor não usar nada do que por imprudência acarretar um prejuízo. Veja os relatos:

Entrevistado B:

"óculos eu não tenho, mas pelo menos eu não to usando óculos de camelô, não uso mais, deixei de usar, acho que foi como tu falou né, entre dar mais sorte ao azar como se diz né antes não usar então do que usar uma coisa que pode te prejudica ainda mais".

Entrevistado D:

"... com óculos que tenha proteção contra os raios UVA e UVB... tem que ser aprovado e testado... não é qualquer óculos sabe, mas também não só porque foi caro que ele é bom".

Além do uso dos utensílios citados anteriormente, foi importante saber que os alunos passaram a ter mais cuidado com os horários de exposição ao sol, evitando

circular desnecessariamente no período entre 10hs da manhã e 16hs da tarde, quando os raios solares atingem com mais intensidade a Terra. Porém, muitas vezes é impossível deixar de se expor nestes horários, então foi relatado que uma das alternativas, além do uso dos demais protetores, é procurar se abrigar em lugares que ofereçam sombras, minimizando os efeitos da RUV.

Satisfatoriamente, ouvimos dos entrevistados que os cuidados com a saúde, em relação à proteção contra a radiação, se estenderam aos amigos e familiares, onde os novos conhecimentos e as informações foram compartilhados. Para os alunos, ter argumentos mais sólidos, na hora de explicar os efeitos da radiação, é muito importante para que se tenha maior credibilidade.

Outra forma de agir que surgiu, foi a identificação e avaliação das características dos sinais na pele, através do ABCD clínico do câncer de pele, essa atividade desenvolvida na UA gerou bastante efeito preventivo. A partir desse momento, os alunos tiveram a oportunidade de se auto-analisarem e analisar os sinais e possíveis alterações na pele das pessoas que fazem parte do seu convívio.

Quanto aos EPIs, estes devem ser usados, quando necessário, ao realizar exame de RX, pois é de responsabilidade básica dos empregadores e titulares do serviço zelar pela segurança e proteção dos pacientes, da equipe e do público em geral, de acordo com a portaria 453 da vigilância sanitária. Veja capítulo 2, seção 2.6.3.6.

Porém, estes utensílios nem sempre são disponibilizados para os pacientes e tampouco para os eventuais acompanhantes. Agravando a situação, o público em geral desconhece os EPIs e também seus direitos, com isto, não possuem condições de exigir da equipe técnica essa forma de proteção.

Durante o desenvolvimento da UA, foram levados para as atividades alguns dos EPI utilizados nos hospitais, entre eles o avental e o protetor de tireóide plumbífero, com o objetivo de familiarizar o aluno com o EPI e discutir suas funções preventivas, quanto à exposição desnecessária à radiação proveniente do tubo de RX.

Ainda relacionado a esta categoria, selecionamos alguns dos depoimentos dos entrevistados que merece destaque, como segue a seguir:

Entrevistado A:

"*Antes assim dessas aulas a mãe falava, minha dinda falava, mas elas não tinham conhecimento, o conhecimento geral que todo mundo tem se tu vai ficar no*

Sol tu vai te queimar né tu vai pega um câncer na pele, elas tinham um conhecimento que todo mundo tem né mas não sabe expressarem, ai a mãe sempre dizia olha tu não vai no Sol nesse horário eu ah a mãe ta falando, não da bola, ai depois das aulas sim né comecei a entender melhor e a ter mais consciência"

"Agora a gente se cuida, que antes ninguém dava bola para fazer raio-X, se tivesse que fazer toda hora fazia né agora não, a gente sabe que tem que se cuidar sabe os direitos que a gente tem".

Entrevistado B:

"*... agora eu tenho tido muito mais cuidado do que eu tinha antes, antes eu esquecia claro tinha aquela coisa, esqueci bá que droga, esqueci do meu filtro solar, não trouxe mas não deixava de faze sabe, não deixava de sai por causa disso, hoje acho que talvez eu pense duas vezes antes de me expor ao Sol, quando eu não sair com protetor solar sabe, procuro uma sombra, procuro um lugar abrigado, antes não antes eu não dava bola".*

"*... to ficando tri chata com as pessoas me convidam às vezes pra sair em algum lugar e eu ta então ta daqui a pouco quando o Sol tiver mais fraco eu vou, sou tri chata assim mesmo as vezes pra sair em qualquer lugar assim eu tento ir mais tarde".*

Entrevistado C:

"... eu cuidava da Rafa que é minha vizinha ela tem 6 anos, e ela é bem branquinha sabe, antes ela ficava no Sol porque queria fica porque queria fica morena, e eu dizia para ela sai do Sol, eu só dizia porque eu achava que ai sei lá ela ia se desidrata e ia se senti mal, agora não agora eu sei que é por causa da pele dela também sabe eu acho que sei lá foi mais, foi muito proveitoso porque a gente aprende a se cuida e cuida os outros também eu achei muito bom".

"No jogo mesmo ontem sabe, os guris ficam assim em outros dias, outras épocas ficam jogando sem camisa sem proteção nenhuma, e por a caso eu fui lá e os guris tavam passando protetor solar antes de sai pro jogo sabe acho que foi bem interessante isso".

"... eu olhei os guris passando creme, fiquei olhando, vocês passando creme? não, não é protetor solar, ai ta eu fiquei na minha assim mas não falei nada né eu achei sabe porque antes eles não faziam porque eu conhecia eles antes e eles não faziam sabe...".

Entrevistado D:

"... até mesmo com o hábito agora que eu peguei de passa protetor sabe antes de sai de casa já é uma mudança sabe em relação a isso sabe, eu não tinha o costume mesmo só no verão e olhe lá também".

"... eu passava só pra ir pra praia, quando eu passava, quando eu lembrava dentro da água".

Entrevistado E:

"já mudei quando eu saio de casa eu coloco protetor".

"porque antes eu não tinha prevenção nenhuma".

Perguntamos aos alunos entrevistados por que é difícil agir em prol de sua própria saúde mesmo quando se tem o conhecimento, por exemplo, no caso da RUV e do RX. De acordo com os argumentos para essa pergunta, organizamos a próxima rede sistêmica.

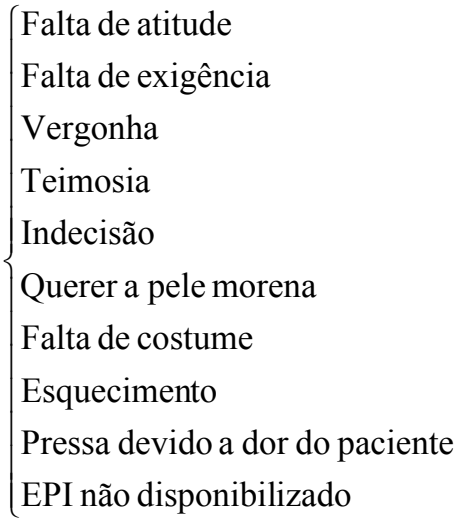


Figura 45 - Rede sistêmica dos comentários dos alunos relacionados à questão 04.

Fatores como a falta de atitude, falta de exigência, indecisão provocada não por desconhecer a necessidade da proteção, mas provocada pela vergonha de pedir para o profissional da saúde o EPI, na hora de fazer um exame de RX, são as principais justificativas para deixar de agir, mesmo quando se tem conhecimento de causa segundo os depoimentos.

Para o uso do protetor solar e outros apetrechos, foi indicado que a teimosia em insistir para ficar com a pele morena, muitas vezes, é mais forte que a própria consciência dos prejuízos acarretados com este tipo de comportamento. Assim, como também a falta de costume com os novos hábitos de proteção gera, em alguns

momentos, esquecimento, mas nada que não possa ser melhorado ao longo do tempo devido à grande importância de se prevenir.

Após participar da UA, dois entrevistados tiveram a necessidade de fazer RX e, nesta experiência vivenciada, ambos souberam identificar os EPIs, na sala de exame do hospital. No entanto, apenas um demonstrou a iniciativa de pedir o EPI, o entrevistado B, enquanto que o outro aluno, entrevistado A, percebendo que o técnico não oferecia a proteção plumbífera, ficou no dilema de pedir ou não para usá-lo, acabando por fazer o exame sem solicitar a proteção, alegando ser a timidez o principal motivo.

Para o aluno A, que pediu o EPI antes da realização do exame, ficou evidente a dificuldade em conseguir desfrutar dessa forma de proteção. Conforme o seu relato, o técnico, mesmo surpreso ao perceber seu conhecimento sobre a radiação, não disponibilizou o utensílio de proteção argumentando que não havia necessidade, pois o paciente não se encontrava em fase de gestação. Depois de certa insistência e constatando que o técnico não mudava seu posicionamento, por motivo de fragilidade e dor, o paciente se calou e o exame foi concluído sem que fosse utilizado o EPI, que naquele momento estava pendurado na sala sem nenhum uso. Podemos perceber que o conhecimento é um dos primeiros passos para desenvolvermos novas atitudes, mas nem sempre é possível colocar em prática o que se sabe, visto que dependemos do conhecimento e da responsabilidade de outros. Vejamos a seguir um trecho que revela esta experiência:

Entrevistado B:

"me lembrei na hora com certeza, antes de entra na sala eu já tava falando que eu queria escolhe as coisas, mas só que o problema acho que um descaso muito grande que tem assim, eles não tem informação eu acho se as pessoas pedirem e, as vezes a gente fica meio assim, agente fala mas não exige sabe, a eu quero coloca é uma coisa meio!".

"vi na sala tava pendurado na parede, eu fui o mês passado tava só o avental e hoje na sala que eu fui o avental tava rasgado, tanto que eu falei pro moço e ele falo que não, que tava com um defeito, que tava rasgado senão ele me colocava, mas da outra vez que eu fui ele disse que não só pra gestante que eles colocavam".

"ele ainda pergunto a mas aonde tu soube disso, quem te falo isso ai eu disse não, eu aprendi no colégio, eu aprendi sobre isso, eu estudei sobre a radiação e

aprendi os danos que podem ser causados e ele disse não mas os danos são só em gestantes, eu até dei uma risadinha assim pra ele, eu acho que ele não gosto muito mas não me deu igual”.

“eu ainda falei pra ele olha então eu vou me retira bastante, vou deixa só o meu braço, ai ele falo tá tudo bem faz o que você quiser ele falo”.

VI - CONCLUSÃO

> Neste capítulo apresentamos as conclusões da pesquisa, as limitações do estudo e as recomendações que poderão servir para futuros trabalhos de Educação Ambiental a serem desenvolvidos com novas estratégias de ensino, estimulando a compreensão de conceitos científicos que fazem parte do cotidiano do aluno.

Sendo assim, inicialmente apresentaremos as respostas às questões de pesquisa propostas no capítulo 1 seção 1.2.

6.1 Resposta à primeira questão de pesquisa

Quais são as idéias iniciais que os alunos apresentam sobre a radiação?

Com essa questão de pesquisa buscamos conhecer as idéias dos estudantes a respeito da Física das radiações. Conforme descrito no capítulo 2 seção 2.5, para alguns autores essa prática refere-se ao levantamento das concepções prévias.

A importância desse estudo se deu a partir do momento em que foi possível identificar algumas das idéias iniciais dos alunos, sobre o tema, e compreender como as mesmas foram se modificando ao longo do desenvolvimento da unidade de aprendizagem. Com isto, utilizamos um questionário (Apêndice 2) com questões relacionadas a situações do cotidiano dos alunos. Veja capítulo 3 seção 3.3.1.

Analisando os resultados obtidos nessa sondagem, foi possível verificar que apesar do tema não ser desconhecido para os alunos do Ensino Médio, em determinadas questões, o grupo expressou ter pouco conhecimento sobre as radiações, apresentando idéias vagas, desarticuladas e parcialmente corretas, como veremos a seguir.

Dos 25 participantes, apenas um aluno relatou não ter ouvido falar sobre a radiação. Segundo as respostas, as informações sobre o tema se deram através da escola e dos meios de comunicação mencionados, respectivamente, por apenas 4 e 12 alunos, destacando-se principalmente a televisão. Veja capítulo 5 seção 5.1.1. O símbolo radioativo foi associado corretamente por 10.

Dentre os tipos de radiações mais conhecidas pelos alunos, são mencionados os raios-X e os raios ultravioletas, enquanto que os raios gama e a radiação visível se demonstraram desconhecidas para o grupo. Esse resultado expressa que os raios-X

parecem ser mais comuns, o que pode ser justificado pela sua utilidade médica, assim como a radiação UV que, no Verão, é bastante referida, através dos meios de comunicação, por seus efeitos prejudiciais à saúde humana.

A maioria (76%) acredita que podemos sentir as radiações, principalmente através do tato e da visão, o que caracteriza uma idéia equivocada, visto que as radiações mais citadas, RX e RUV, são imperceptíveis aos sentidos humanos.

Nenhum dos estudantes demonstrou saber a diferença entre radiação ionizante e não-ionizante, e 92% definiram que as radiações não possuem os mesmos efeitos nos seres vivos, apontando como causa as diferenças no organismo, no entanto sem descrever que radiações com características diferentes apresentam efeitos diferentes na interação com o organismo. Para 76% dos participantes, a radiação pode contribuir favoravelmente para a vida humana através de tratamentos e diagnósticos médicos.

Dentre as opções de tecnologias que utilizam radiação, apresentadas no questionário, as mais conhecidas para os alunos são, respectivamente, na área da Medicina, Eletrônica e as tecnologias de Guerra, seu uso na eletrônica, na indústria e na geração de energia é citado mais raramente. Veja a descrição no capítulo 5, seção 5.1.8.

Consideramos que foi limitado o conhecimento das tecnologias eletrônicas, pois em nosso cotidiano lidamos constantemente com diversos aparelhos que envolvem o uso da radiação, por exemplo, “monitor de TV, monitor de computador, aparelho de rádio, aparelho celular, forno de microondas, controle remoto” (SCAFF, 2002), entre outros. Dessa forma, mesmo fazendo parte dos aparelhos mais utilizados pelos adolescentes, evidenciamos que eles não demonstraram reconhecer o uso da radiação para o funcionamento destas tecnologias. Ainda dois alunos relatam não conhecer nenhuma das tecnologias apresentadas.

A maioria dos respondentes (92%) considera a irradiação em alimentos perigosa, desconhecendo seu potencial para diminuir brotamento, apodrecimento, contaminação por pragas e para garantir a qualidade de alimentos por mais tempo.

Praticamente metade dos alunos, cerca de 40%, confia que os raios-X trazem somente benefícios à saúde, idéia que não está correta, conforme descrito no capítulo 2 seção 2.6.3.6.

Os alunos justificaram a necessidade de proteção contra os raios solares devido ao aumento dos raios ultravioletas, a presença do buraco na camada de ozônio

e as doenças causadas pelo Sol, com destaque para o câncer de pele e a catarata, que foi mencionada por apenas um dos participantes.

Quando foi questionado sobre a forma mais saudável de bronzear-se, apanhando Sol com os devidos cuidados ou fazendo uso do bronzeamento artificial, 88% dos alunos se posicionou a favor do bronzeamento com o Sol. Porém, evidenciamos que as justificativas são imprecisas e intuitivas, pois para diferenciar as duas formas de bronzeamento, foi usado como argumento o fato de o Sol ser natural e de o bronzeamento artificial, como diz o próprio nome, ser artificial (veja capítulo 2, seção 2.6.3.5).

Foi indicado por 52% dos participantes que é mais adequado usar proteção solar em todas as estações do ano e, por 44% que existe necessidade de proteção apenas no Verão, o que reflete um número expressivo de alunos que apresentam uma idéia desvinculada com a do conhecimento científico.

Da mesma maneira que para 76% dos alunos é necessário usar proteção solar em qualquer localidade, apenas 12% acreditam que a praia ainda é o local indicado para se proteger contra os efeitos nocivos do Sol.

Por fim, 92% dos participantes definiram que fazendo uso da radiação o homem pode prejudicar o meio ambiente, conforme as justificativas no capítulo 5, seção 5.1.14.

Como este instrumento foi aplicado sem qualquer comentário prévio sobre a radiação, antes de o tema ser trabalhado em classe, foram aqui relatados os conhecimentos já existentes dos alunos.

De acordo com os resultados, concluímos que os alunos do Ensino Médio possuem carências sobre conhecimentos relacionados às radiações eletromagnéticas e sua utilização no uso de tecnologias. Portanto, que é necessário um conhecimento mais preciso, com bases científicas mais sólidas, sobre os perigos e os benefícios das radiações, construído em situação formal de aprendizagem.

6.2 Resposta à segunda questão de pesquisa

Qual a estrutura que deve ter uma Unidade de Aprendizagem para que esta consiga promover o confronto das idéias prévias, levantadas sobre radiação, com as idéias aceitas cientificamente para que o aluno reconstrua seu conhecimento ao longo do processo de desenvolvimento?

Ao elaborar a unidade de aprendizagem, procuramos estabelecer relações com alguns dos princípios da Educação Ambiental, que numa abordagem interdisciplinar aponta, senão para um novo caminho, a nosso ver para uma nova maneira de concretizar ações na educação formal, valorizando o aluno como um sujeito capaz de argumentar, questionar, criticar e compreender os avanços tecnológicos presentes nos dias atuais, aproveitando seus benefícios, sem com isto causar prejuízos para si ou para seu entorno.

No capítulo 4 foram definidos alguns dos princípios metodológicos da unidade de aprendizagem (UA). Neste momento, cabe relatar os elementos mais contundentes que configuraram a estrutura da UA, com o objetivo promover o confronto das idéias iniciais apresentadas pelos alunos, assim como reconstruir o conhecimento. Ressaltamos que os elementos citados a seguir não seguem nenhuma espécie de ordem.

- **Primeiro elemento: Motivação**

Partindo do pressuposto que a motivação dos alunos está relacionada com o processo de ensino-aprendizagem, podemos definir que este elemento se tornou uma preocupação constante durante o planejamento e desenvolvimento da UA.

Segundo a teoria de Ausubel, veja capítulo 2 seção 2.4, para se caracterizar uma aprendizagem significativa é preciso que o aluno tenha predisposição para aprender, ou seja, deve estar motivado.

Neste sentido, Buruchovitch & Bzuneck (2004, p. 13) relatam que "a motivação tornou-se um problema de ponta em educação, pela simples constatação de que, em paridade de outras condições, sua ausência representa queda de investimento pessoal de qualidade nas tarefas de aprendizagem". Ainda, segundo os autores, "motivar os alunos é uma tarefa constante de quem ensina", com isto, é necessário o envolvimento do professor com a aprendizagem.

Com isto, a cada encontro com os alunos, buscamos trabalhar a UA de maneira diferenciada, utilizando alguns recursos como fotos, painéis, relatos históricos, atividades em grupos e debates.

- **Segundo elemento: Curiosidade**

Em determinadas atividades, os alunos tiveram a oportunidade de conhecer, tocar e interagir com instrumentos, equipamentos, que estavam relacionados com os conceitos teóricos da radiação desenvolvidos na UA. Para aguçar a curiosidade dos participantes, foram levados para as atividades, em sala de aula, desenhos

ilustrativos, filmes radiográficos com imagens ósseas, equipamentos de proteção individual usados em exames radiológicos e um tubo de raios-X, conforme descrito no capítulo 4 seção 4.1.2. Esse procedimento nos fez perceber que a cooperação e a participação dos alunos foi mais intensa, surgiram questionamentos sobre a teoria e relatos de suas experiências.

- **Terceiro elemento: Problematizações**

Conforme descrito no capítulo 4, as problematizações (Apêndice 3) lançadas no início dos encontros tiveram como finalidade relacionar os conceitos teóricos dos temas desenvolvidos com situações reais. Essa estratégia foi muito importante para assegurar a participação efetiva dos alunos, pois as problematizações proporcionaram uma espécie de meta ou objetivo a ser cumprido, onde individualmente ou em duplas os alunos entregavam suas respostas, ao final do encontro, de acordo com sua compreensão.

Dessa forma, os alunos tinham que se comprometer com a dinâmica proposta para então se apropriar de argumentos e conhecimentos específicos para responder ao questionamento inicial.

Conforme descrito por Delizoicov (2001, p.143), "o ponto culminante da problematização é fazer com que o aluno sinta a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém, ou seja, procura-se configurar a situação em discussão como um problema que precisa ser enfrentado".

- **Quarto elemento: Capacidade de Elaborar**

O trabalho em grupo propiciou aos alunos um momento importante de troca de experiências, com a criação e a elaboração de materiais. Essa atividade teve por objetivo a apresentação de uma espécie de seminário para os colegas, onde cada grupo ficou responsável por um tópico e, através da pesquisa, leitura, síntese, diálogo, argumentação e escrita, os integrantes tiveram a oportunidade de expor o seu trabalho e de fazer correlações com situações do cotidiano. Como uma estratégia de ensino-aprendizagem, evidenciamos que a mesma contribuiu para desenvolver a autonomia dos alunos, assim como desenvolver a capacidade de comunicação e expressão.

- **Quinto elemento: Conceitos Científicos**

Os conceitos científicos desenvolvidos na unidade de aprendizagem foram selecionados e planejados de acordo com os objetivos da pesquisa, que numa abordagem interdisciplinar estabeleceu relações com o cotidiano dos estudantes.

Portanto, foi necessário elaborar uma rede sistêmica para cada tema trabalhado em sala de aula, a fim de focar as teorias com maior precisão, sem desperdiçar o tempo disponível com os participantes.

As teorias científicas sobre radiação, tratadas com os alunos, foram essenciais para responder às problematizações e os demais instrumentos, usados no confronto das idéias iniciais, apresentadas pelos estudantes no primeiro instrumento de coleta de dados desse trabalho. Segundo Astolfi & Develay (1990, p.37) "uma verdadeira aprendizagem científica se define, no mínimo, tanto pelas transformações conceituais que produz no indivíduo quanto pelo produto de saber que lhe é dispensado".

No capítulo 2 seção 2.6, segue os conceitos científicos sobre a radiação gama, os raios-X e os raios ultravioletas, assim como no capítulo 4 seção 4.1, apresentam-se as estruturas das redes sistêmicas para cada um dos temas que configurou a base da unidade de aprendizagem.

Em alguns momentos, os conceitos científicos foram apresentados pelos próprios alunos, com o olhar atento da pesquisadora que aproveitava as idéias expostas pelos grupos para fazer novos questionamentos.

- **Sexto elemento: Interdisciplinaridade e Contextualização dos Temas**

Na unidade de aprendizagem, procuramos contextualizar os temas sobre a radiação gama, raios-X e radiação ultravioleta, com situações próximas à realidade do estudante ou mesmo com situações vivenciadas em seu cotidiano, visto que o assunto em estudo faz parte da natureza, onde ao menos somos expostos diariamente aos raios UV.

Nesse sentido, como descrito no capítulo 2 seção 2.3, os conceitos foram articulados visando a uma integração com outras áreas do conhecimento, para facilitar a compreensão e efetivar uma aprendizagem mais consistente. Com isto, a contextualização foi estruturada levando-se em conta alguns aspectos como resgates históricos, contribuições culturais, diferentes tecnologias, demonstrações de utensílios e equipamentos, uso de espaços com audiovisual, além da investigação pelos próprios alunos dos fenômenos Físicos envolvidos com situações reais.

Conforme a descrição anterior foram apontadas possíveis caminhos para empreender a contextualização das teorias estudadas no Ensino Médio. Contudo, é relevante destacar, segundo a descrição dos PCN, que "a contextualização no ensino de Ciências abarca competências de inserção da Ciência e de suas tecnologias em um

processo histórico, social e cultural e o reconhecimento e discussão de aspectos práticos e éticos da Ciência no mundo contemporâneo" (BRASIL, 2002, p.31).

Mesmo com todas as dificuldades para fazer atividades diferenciadas ressaltamos a importância da interdisciplinaridade e da contextualização, como uma meta a ser constantemente perseguida pelos educadores, com o objetivo de promover um aprendizado com maior significado para os alunos. Ainda de acordo com os PCN é mencionado que "essa articulação interdisciplinar, promovida por um aprendizado com contexto, não deve ser vista como um produto suplementar a ser oferecido eventualmente se der tempo, porque sem ela o conhecimento desenvolvido pelo aluno estará fragmentado e será ineficaz" (BRASIL, 2002, p.31).

- **Sétimo elemento: Educação Ambiental**

Podemos dizer que a Educação Ambiental esteve presente nesse trabalho quando foi dada aos estudantes a oportunidade de conhecer, de se posicionar e de se questionar sobre os benefícios e prejuízos do uso das radiações e de suas diversas tecnologias. Através do planejamento e da sistematização do conhecimento científico, em torno de temas estruturados e contextualizados, por meio de redes sistêmicas desenvolvidos na unidade de aprendizagem.

Também quando, no âmbito da educação formal, o aluno foi valorizado como um cidadão que possui o direito a uma educação de qualidade, com objetivos formativos mais amplos como a construção do conhecimento através do diálogo, a capacidade de desenvolver potencialidades na linguagem oral e escrita, de acordo com as necessidades atuais. Com isto, buscando novas metas a serem alcançadas, procurou-se deixar para o passado as aulas apoiadas na memorização de fórmulas ou repetição de teorias sem significado para o aprendiz.

Dessa forma, ressaltamos a importância das trocas de experiências, dos relatos, das discussões sobre o comportamento e as atitudes frente à exposição da radiação, com o olhar para a integridade física e para a preservação da saúde.

Com esta descrição, mencionamos algumas das possíveis maneiras de fazer Educação Ambiental. Para tanto, Carvalho & Grun (2005, p.180) destacam que na "perspectiva interpretativa, a Educação Ambiental se posiciona face ao conceito de meio ambiente como realidade passível de diversas leituras". Ainda segundo os autores (Ibid., p.181), o educador ambiental seria o "intérprete dos nexos que produzem os diferentes sentidos ambiental" e a Educação Ambiental "enquanto uma

prática interpretativa que desvela e produz sentidos, estaria contribuindo para constituição de um horizonte compreensivo das relações sociedade-natureza".

6.3 Resposta à terceira questão de pesquisa

Existem evidências de que, de fato, a Unidade de Aprendizagem conseguiu promover uma aprendizagem efetiva, com o desenvolvimento de conhecimentos específicos, científicos, sobre radiação?

Para responder a essa questão de pesquisa utilizamos o terceiro instrumento de coleta de dados, um questionário que apresentou teorias e definições numa linguagem científica. Este instrumento, conforme descrito no capítulo 3 seção 3.3.3, foi aplicado a dois grupos distintos de alunos, o grupo experimental que participou da unidade de aprendizagem (UA), e o grupo de controle que não participou da UA. Com essa metodologia foi possível verificar as diferenças nas respostas dos dois grupos, constatar qual grupo apresentou o melhor resultado e comprovar se a unidade de aprendizagem foi eficaz, no sentido de promover um diferencial no ensino de Física das radiações.

De acordo com a análise dos dados, das quinze questões do terceiro instrumento, veja capítulo 5 seção 5.3, os alunos do grupo experimental apresentaram melhores resultados que os alunos do grupo de controle nas questões de número 01, 02, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10e 13. E as questões de número 03, 11, 14 e 15 não apresentaram diferenças significativas, porém ainda assim se destacou o grupo experimental, com um número expressivo de alunos que escolheram a resposta certa.

Lembramos que para definir se houve diferença significativa nas manifestações dos alunos, as respostas foram interpretadas através da medida do coeficiente de fidedignidade alfa de Cronbach (veja capítulo 3 seção 3.4.2). Segundo o coeficiente de fidedignidade, o cálculo forneceu um valor de 0,760, considerado adequado para pesquisas na área de educação.

Dessa forma, conforme a análise quantitativa (veja capítulo 5 seção 5.3) pode-se concluir que os alunos que participaram da unidade de aprendizagem tiveram melhor resultado, apresentando diferenças significativas, quando comparados com os alunos do grupo de controle.

Nesse sentido, constatamos que a unidade de aprendizagem, como uma metodologia de ensino, auxiliou os alunos do grupo experimental na reconstrução dos conceitos e na superação de algumas das lacunas conferidas inicialmente, com a sondagem das idéias sobre a radiação, no primeiro instrumento de coleta de dados. Com isto, podemos responder à terceira questão de pesquisa, argumentando que foi possível sim promover uma aprendizagem efetiva, com o desenvolvimento de conhecimentos específicos e científicos, através das atividades vinculadas na unidade de aprendizagem com o tema radiação e com os subtemas raios gama, raios-X e raios ultravioletas.

Quanto aos depoimentos dos alunos, na entrevista semi-estruturada, foram consideráveis as manifestações favoráveis em relação às atividades. Os entrevistados revelaram aspectos de significação como conscientização, tomada de decisão, novas atitudes e valores frente à exposição às radiações. Outro aspecto a destacar, no processo de ensino-aprendizagem, é a participação dos alunos, com questionamentos e relatos de experiências, que mesmo vivenciadas em seu cotidiano, só foram percebidas após o envolvimento nas atividades propostas na unidade de aprendizagem.

Os resultados obtidos parecem apoiar as convicções de que o planejamento didático, o qual denominamos unidade de aprendizagem, e o fator contexto trouxeram uma nova perspectiva para o ensino, qualificando as aulas de Física, numa atmosfera de curiosidades e de motivação para o aprendiz.

Esperamos que a organização didática, estruturada com redes sistêmicas, disposta neste trabalho, possa contribuir para uma formação científica de outros alunos de Ensino Médio e também animar os colegas educadores a desenvolverem estratégias de ensino, privilegiando a interdisciplinaridade e as situações vivenciadas no cotidiano do educando, a fim de fazer das aulas de Física um ambiente interessante, agradável, importante e motivador, que seja propício para a aprendizagem num desvelar da realidade.

6.4 Limitações da Pesquisa

Conforme descrito no capítulo 3 seção 3.1, para participar da pesquisa foi determinado, como pré-requisito, que os alunos deveriam estar cursando a 3ª série do Ensino Médio. Este critério foi estabelecido devido à necessidade de conhecimentos

básicos, supostamente estudados anteriormente que, de certa forma, contribuiria para facilitar a compreensão da unidade de aprendizagem. Entretanto, deparamo-nos com algumas dificuldades ao perceber que os alunos, em alguns momentos, apresentavam lacunas em seus conhecimentos.

Com isto, para não comprometer o entendimento da unidade de aprendizagem, foi necessário fazer um resgate de conceitos como o de campo magnético, campo elétrico, estrutura do átomo, corrente elétrica, ionização de átomos e ligações químicas.

Outro fator importante, que impôs algumas limitações à pesquisa, foi o número restrito de encontros utilizados para desenvolver as atividades com os alunos. A pesquisa, na escola, foi encerrada no mês de Novembro, período em que os alunos se encontram mais agitados e desgastados devido às provas finais e à proximidade do vestibular. Alguns encontros tiveram que ser adiados, interrompendo a seqüência dos trabalhos, para a realização das provas do 4° bimestre da classe.

Ainda, nesse sentido, a falta de tempo impediu que fosse feita uma análise criteriosa do primeiro instrumento de coleta de dados, com o intuito de conhecer detalhadamente as idéias iniciais dos alunos e problematizar questões relacionadas diretamente com as fragilidades conceituais apresentadas pelos estudantes.

Quanto aos instrumentos de coleta de dados, percebemos que o primeiro questionário poderia apresentar, em todas as questões, espaços para as justificativas das respostas e, nas questões de marcar, além das opções Sim e Não, poderia estar disposta a opção Não Sei. Dessa forma, acreditamos que o aluno estaria descrevendo da melhor maneira sua compreensão para os devidos questionamentos.

6.5 Recomendações para Trabalhos Futuros

Ao terminar a análise dos instrumentos, evidenciamos a carência de conhecimentos dos alunos sobre o tema em estudo. Com isto, percebemos a necessidade de investir num planejamento didático, em particular, numa educação científica que contemple, de forma contextualizada, o tópico da radiação no Ensino Básico.

Para tanto, inicialmente recomendamos que, em trabalhos futuros, os resultados desse estudo sejam ampliados, abrangendo um número maior de participantes com o objetivo de aprofundar e corrigir possíveis falhas.

Em relação às implicações na perspectiva da Educação Ambiental, sugerimos que sejam analisadas novas atitudes e valores diante das possibilidades mencionadas no presente trabalho.

Quanto à unidade de aprendizagem, sugerimos um acréscimo de seus capítulos, de maneira que estes pudessem contemplar todas as radiações que fazem parte do espectro eletromagnético, visto que foi demonstrado interesse dos participantes (veja capítulo 5 seção 5.4). Além do que, com a abrangência de todas as radiações, o estudo ficaria mais completo, podendo acarretar uma maior compreensão de aspectos práticos e teóricos pertinentes ao tema. A mesma poderia ser planejada numa linguagem adaptada, de tal forma a contribuir nas aulas de Ciências do Ensino Fundamental, instruindo as crianças para os cuidados necessários à exposição à radiação.

Entendemos também que seria importante desenvolver um trabalho junto aos professores de escolas e aos alunos de Licenciatura, para discutir a necessidade do assunto e trocar experiências no sentido de cogitar a melhor maneira de implantar a unidade de aprendizagem na instituição de ensino formal, visando à interdisciplinaridade e à contextualização.

Com estas recomendações, elegemos apenas algumas possibilidades para aprofundar o trabalho de pesquisa e continuar no caminho em busca de um ensino pautado sob as premissas de uma Educação Ambiental.

6.6 Considerações Finais

Neste trabalho de pesquisa, buscamos conhecer e reconstruir algumas das idéias de uma classe de alunos do Ensino Médio, ao longo de uma unidade de aprendizagem estruturada sob uma perspectiva de Educação Ambiental e com base em conceitos técnicos e científicos sobre o tema radiação. A análise das respostas dos participantes, nos instrumentos usados na coleta de dados, servirá de subsídio para aperfeiçoar e qualificar a proposta didática inicial.

Ao eleger a interdisciplinaridade e a contextualização como um dos principais elementos da unidade de aprendizagem, procuramos um envolvimento mais ativo dos alunos, a fim de concretizar uma aprendizagem mais estimulante e eficaz para a compreensão das teorias e dos avanços tecnológicos, com impactos, muitas vezes, diretos sobre a vida humana.

Não temos dúvidas de que esta pesquisa descreve apenas uma maneira de se trabalhar com o tema radiação, na disciplina de Física. O assunto é amplo, com muitas especificidades, curiosidades e aplicações práticas, portanto pode ser desenvolvido sob outros aspectos e contextos de acordo com os interesses dos educadores.

Contudo, deixamos o manifesto do quanto foi prazeroso trabalhar o tema da radiação com os alunos do Ensino Médio. Durante as aulas, à medida que avançavam os conceitos teóricos, na unidade de aprendizagem, surgiam muitos questionamentos e relatos próprios do cotidiano, o que tornou muito significante a troca de experiências.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRÉ, Marli E.D.A. de. **Etnografia da prática escolar.** Campinas: Papirus, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FÍSICA MÉDICA - **ABFM.** Disponível em: <http://www.abfm.org.br> Acesso em: abril de 2004.

ASTOLFI, Jean P. & DEVELAY, Michel. **A didática das ciências.** Campinas, SP: Papirus, 1990.

AUTH, Milton A. MALDANER, Otavio A. WUNDER, Denise A. FIUZA, Graciela S. PRADO, Mauro C. Situação de Estudo Na Área De Ciências Do Ensino Médio rompendo fronteiras disciplinares. **Educação em Ciências**. Ijuí: Unijuí, 2004.

BACHELARD, Gaston. **O racionalismo aplicado.** Rio de Janeiro: Zahar, 1977.

BITTENCOURT, Alexandre M. **Césio 137: Relatos da Segunda Geração do Maior Acidente Radiológico da História**. Sem, data. Disponível em: <http://www2.uel.br/grupopesquisa/gepal/primeirogepal/pdfs_tc/alexandrebittencourt.pdf > Acesso em: novembro de 2007.

BLISS, Joan. OGBORN, Jon. Tools for Exploratory Learning. A Research Programme. **Journal of Computer Assisted Learning**, 5:37-50, 1989.

____. et al. Quantitative Data Analysis for Education Research: a guide of systemic networs. London: Croom Helm. 215p, 1983.

_____. From Mental Models to Modelling. In MELLAR, H.; _____.; BOOHAN, R. OGBORN, J. & TOMPSETT, C. (eds.) Learning With Artificial Worlds: Computer Based Modelling in the Curriculum.London: The Falmer Press, 117-27,1994.

BRANDÃO, Carlos R. **O que é Educação.** São Paulo: Brasiliense, 1995.

BORUCHOVITCH, Evely. BZUNECK, José. A. **A motivação do aluno: Contribuições da Psicologia Contemporânea.** 3° Ed. Petrópolis, RJ: Editora Vozes Ltda., 2004.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. **Portaria/MS/SVS nº 453, de 01 de Junho de 1998.** Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/453_98.htm> Acesso em: maio de 2006.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. **Resolução – RDC nº 308, de Novembro de 2002.** Disponível em: http://e-<legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=1669> Acesso em: maio de 2006.

BRASIL. Ministério da Educação - Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC, 1999. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf> Acesso em: fevereiro de 2008.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura - Secretaria de Educação Básica. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio. **Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf> Acesso em: fevereiro de 2008.

BRASIL. Ministério da Educação - Secretaria de Educação Básica. Orientações Curriculares para o Ensino Médio. **Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias.** Brasília: MEC, 2006. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf> Acesso em: fevereiro de 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Estimativa 2008: incidência de câncer no Brasil**. Rio de Janeiro: INCA, 2007. Disponível em: <http://www.inca.gov.br/estimativa/2008/versaofinal.pdf> Acesso em: agosto de 2007.

CALLONI, Humberto. **Os Sentidos da Interdisciplinaridade: Diálogos que Instalam Buscas.** Pelotas: Seiva, 2006.

CANDOTTI, Ennio et al. É preciso não esquecer Goiânia. **Ciência Hoje**, **Suplemento.** São Paulo, v. 7, n. 40, 1-48, Março, 1988.

CAPRA, Fritjof. **A Teia da Vida: Uma Nova Compreensão Científica dos Sistemas Vivos.** São Paulo: Cultrix, 1996.

CARDOSO, Eliezer M. ALVES, Ismar P. LIMA, José M. TAUHATA, Luiz. FILHO, Paulo F.H. BRAZ, Claudio. PESTANA, Sonia. **Radioatividade**. Apostila Educativa da CNEN, 2003. Disponível em: <http://www.cnen.gov.br/ensino/apostilas.asp> Acesso em: abril de 2005.

CARDOSO**,** Eliezer M. **Programa de Integração Cnen – Pic Módulo Informação Técnica.** Apostila Educativa da CNEN, 2003. Disponível em: <http://www.cnen.gov.br/ensino/apostilas.asp> Acesso em: abril de 2005.

CARVALHO, Isabel C.M. Educação Ambiental Crítica: Nomes e Endereçamentos da Educação. **Identidades da Educação Ambiental Brasileira** – Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 13-24, 2004.

CARVALHO, Isabel C.M. GRUN, Mauro. Hermenêutica e Educação Ambiental: O Educador como Intérprete. **Encontros e Caminhos: Formação de Educadores Ambientais e Coletivos Educadores** – Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, Diretoria de Educação Ambiental, 2005.

CARVALHO, Washington L.P. JÚNIOR, Gilberto C.F. FERREIRA, Camila C.

GONÇALVES, Eliane C. LIMA, Juliana J. MELLO, Michael. A Radioatividade como Tema para a Interdisciplinaridade e Contextualização. **Núcleos de Ensino Universidade Estadual Paulista Pró-Reitoria de Graduação**. Disponível em: <http://www.unesp.br/prograd/PDFNE2003/A%20radioatividade.pdf> Acesso em: março de 2007.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS E INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - CPTEC/INPE. **O que é Radiação Ultravioleta?** Disponível em: <http://satelite.cptec.inpe.br/uv/> Acesso em: abril de 2006.

CHAMOVITZ, Ilan. GRS: **Gerador de Redes Sistêmicas na Web: Um Instrumento de Apoio ao Desenvolvimento Cooperativo e a Distância de Atividades Acadêmicas.** Dissertação (Mestrado em Informática) – Universidade do Rio de Janeiro. Instituto de Matemática, Núcleo de Computação Eletrônica, 2004.

COOK, JV, PETTETT A, SHAH K, PABLOT S, KYRIU J, FITZGERALD M. Melhor Prática Em Radiologia Pediátrica: Um Manual Para Todos Os Serviços de Radiologia**. Caderno Saúde Pública.** Rio de Janeiro: v. 23, n.4, Abril. 2007.

CORRÊA, Marcelo P. A Divulgação do Índice Ultravioleta Como Prevenção Ao Excesso de Exposição Ao Sol: Uma Contribuição da Meteorologia Para O Desenvolvimento de Políticas Públicas Para A Saúde No País. **In: XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia.** Fortaleza: Anais CD-ROM, 2004. Disponível em: <http://satelite.cptec.inpe.br/pesquisa/fulltexts/cbmet/mpcorrea2_XIIICBMet.pdf> Acesso em: abril de 2006.

CORTES, Soraya M.V. Técnicas de coleta e análise qualitativa de dados. **Cadernos de Sociologia Programa de Pós-Graduação em Sociologia.** Porto Alegre: PPGS/UFRGS, v.9, 1998.

COSTA, Luciano G. COSTA, Ana Paula 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. 2,161-165, 2002.

CRONBACH, Lee J. **Coeficient Alpha and the Internal Structure of Tests.** Psychometrika, v. 16, n. 3, 297-334, september, 1951.

CRUZ, Frederico F.S. Radioatividade e o Acidente de Goiânia. **Caderno Catarinense de Ensino de Física.** Florianópolis: v. 4, n. 3, 164-169, Dezembro, 1987.

DELIZOICOV, Demétrio. ANGOTTI, José A. **Física.** São Paulo: Cortez, 1992.

DELIZOICOV, Demétrio. Problemas e problematizações. **Ensino de Física: Conteúdo, Metodologia e Epistemologia Numa Concepção Integradora.** Florianópolis: UFSC, 2001.

DEMO, Pedro. **Professor do Futuro e Reconstrução do Conhecimento**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2004.

ERTHAL, João P.C, LINHARES, Marília P. **A Física Das Radiações Eletromagnéticas e o Cotidiano dos Alunos do Ensino Médio: Construção de uma Proposta de Ensino**. Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, n.5, 2005.

FERREIRA, Andreia A. HOSOUME, Yassuko. Concepções sobre radiações de estudantes de um curso de Educação de Jovens e Adultos. **XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física – SBF** "O Ensino No Ano Mundial da Física". Rio de Janeiro 2005. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0618-1.pdf> Acesso em: maio de 2007.

GALIAZZI, Maria C. GARCIA, Fabiane A. LINDEMANN, Renata H. Construindo Caleidoscópios: organizando unidades de aprendizagem. **Educação em Ciências**. Ijuí: Unijuí, 2004.

GIORDAN, André. & VECCHI, Gérard. **As Origens do Saber: Das Concepções dos Aprendentes aos Conceitos Científicos**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

GOHN, Maria G. Educação Não-Formal, Participação da Sociedade Civil e Estruturas Colegiadas nas Escolas. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**. Rio de Janeiro: v.14, n.50, 27-38, Jan/Mar, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ensaio/v14n50/30405.pdf> Acesso em: fevereiro de 2008.

GOMES, Romeu. A análise de Dados em Pesquisa Qualitativa. **Pesquisa Social: Teoria, Método E Criatividade.** Petrópolis, RJ: Vozes, 2004.

GONÇALVES, Odair D. ALMEIDA, Ivan, Pedro S.A. A energia nuclear. **Ciência Hoje,** v. 37, n. 220, 36-44, Outubro, 2005. Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br/files/ch/220/nuclear.pdf> Acesso em: março de 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - **IBGE.** PNAD. Disponível em <http://www.ibge.gov.br> Acesso em: março de 2008.

INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER - **INCA.** Disponível em: <http://www.inca.gov.br> Acesso em: abril de 2005.

JÚNIOR, Gabriel D.C. As concepções de Ensino de Física e a Construção da Cidadania. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física.** Florianópolis, v.19, n.1, 53-66, 2002.

KLINE, Paul. **An Easy Guide to Factor Analysis. Routledge**. London and New York, 1994.

LANDULFO, Eduardo. **Meio Ambiente & Física.** São Paulo: Editora Senac, 2005.

LOPES, Rosilene B. **Significações de Violência na Perspectiva de Professores que Trabalham em Escolas "Violentas".** Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Católica de Brasília, UCB, Brasil, 2004.

LOUREIRO, Carlos F. ALBUQUERQUE, Eliana C.P.T, BARRETO, Betânia M.V.B Sustentabilidade, exclusão e transformação social: Contribuições à reflexão crítica da Educação Ambiental e da comunicação no Brasil. **Ambiente e Educação.** Rio Grande: FURG, v. 9, 123-138, 2004.

LOUREIRO, Carlos F. Premissas teóricas para uma educação ambiental transformadora. **Ambiente e Educação**. Rio Grande: FURG, v. 8, 37-54, 2003.

MALDANER, Otavio A. ZANON, Lenir B. Situação de Estudo uma organização do ensino que extrapola a formação disciplinar em Ciências. **Educação em Ciências**. Ijuí: Unijuí, 2004.

MARTINS, Roberto A. A Descoberta dos Raios X: O Primeiro Comunicado de Roentgen. **Revista Brasileira de Ensino de Física,** v. 20, n. 4, 373-391, Dezembro, 1998. Disponível em: <http://www.cepa.if.usp.br/e-fisica/apoio/historia/v20_372.pdf> Acesso em: julho de 2006.

MINAYO, Maria C.S. Ciência, Técnica e Arte: O Desafio da Pesquisa Social. **Pesquisa Social: Teoria, Método e Criatividade.** Petrópolis, RJ: Vozes, 2004.

MINGUET, Pilar A. **A Construção do Conhecimento na Educação.** Porto Alegre: ArtMed, 1998.

MÖLLER, Sergio V. **Aplicações Industriais das Radiações Ionizantes Radioatividade.** Curso de Especialização em Ciências Radiológicas, Departamento de Engenharia Nuclear. Porto Alegre: UFRGS. Disponível em: <http://www.segurancaetrabalho.com.br/download/radioatividade.pdf> Acesso em: fevereiro de 2008.

MORAES, Roque. Mergulhos Discursivos: análise textual qualitativa entendida como processo integrado de aprender, comunicar e interferir em discursos. **Metodologias Emergentes de Pesquisa em Educação Ambiental**. Ijuí: Unijuí, 2005.

MORAES, Roque. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**. São Paulo: UNESP, v.9, 191-211, 2003.

MOREIRA, Marco A. & MASINI, Elcie F.S. **Aprendizagem significativa: A Teoria de David Ausubel.** São Paulo: Moraes, 1982.

MOREIRA, Marco A. Aprendizagem Significativa Crítica. **III Encontro Internacional Sobre Aprendizagem Significativa**. Publicada nas Atas deste Encontro, 33-45, com o título original de Aprendizagem significativa subversiva. Lisboa (Peniche), 2000. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf> Acesso em: fevereiro de 2007.

MOREIRA, Marco A. Linguagem e Aprendizagem Significativa. **Conferência de encerramento do IV Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa.** Maragogi, AL, 2003. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/linguagem.pdf> Acesso em: fevereiro de 2007.

MOREIRA, Marco A. Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa. **Revista Galáico Portuguesa de Sócio-Pedagogia e Sócio-Linguística, Pontevedra/Galícia/Espanha e Braga/Portugal,** n. 23 a 28, 87-95, 1988. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf> Acesso em: fevereiro de 2007.

MOTA, Helvécio C. OLIVEIRA, Sílvia V. **Notas do Curso Básico de Licenciamento e Fiscalização em Radioterapia Médica e Odontológica.** Instituto de Radioproteção e Dosimetria. Rio de Janeiro: IRD/CNEN, 1993.

NETO, Otávio C. O Trabalho de Campo como Descoberta e Criação. **Pesquisa Social: Teoria, Método e Criatividade.** Petrópolis, RJ: Vozes, 2004.

NOUAILHETAS, Yannick. **Radiações Ionizantes e a Vida.** Apostila Educativa da CNEN, 2003. Disponível em: <http://www.cnen.gov.br/ensino/apostilas.asp> Acesso em: abril de 2006.

NUNNALLY, Jum C. BERNSTEIN, I. H. **Psychometric Theory. McGraw-Hill Series in Psychology.** New York,1994.

OKUNO, Emico. **Radiação: Efeitos, Riscos e Benefícios**. São Paulo: Harbra, 1988.

OKUNO, Emico. VILELA, Maria A.C. **Radiação Ultravioleta: Características e Efeitos**. São Paulo: Livraria da Física, 2005.

ORNELLAS, Cléia B.D. GONÇALVES, Maria P.J. SILVA, Patrícia R. MARTINS, Renaldo T. Atitude do consumidor frente à irradiação de alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos.** Campinas: v.26, n.1, 211-213, Jan./Mar. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v26n1/28872.pdf> Acesso em: março de 2008.

PEDUZZI, Sônia S. Concepções alternativas em Mecânica. **Ensino de Física: Conteúdo, Metodologia e Epistemologia Numa Concepção Integradora.** Florianópolis: UFSC, 2001.

PELIZZARI, Adriana. KRIEGL, Maria L. BARON, Márcia P. FINCK, Nelcy T.L. DOROCINSKI, Solange I. Teoria da Aprendizagem Significativa Segundo Ausubel. **Revista PEC.** Curitiba, v.2, 37-42, 2002. Disponível em: <http://www.bomjesus.br/publicacoes/pdf/revista_PEC/teoria_da_aprendizagem.pdf > Acesso em: fevereiro de 2007.

PIETROCOLA, Maurício. Construção e realidade: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo. **Ensino de Física: Conteúdo, Metodologia e Epistemologia Numa Concepção Integradora.** Florianópolis: UFSC, 2001.

PINTO, Ana M.S.M. **Ensino da Física das Radiações Através de Experiências Simples.** Dissertação (Mestrado em Física para O Ensino) - Universidade De Lisboa Faculdade De Ciências, 2006.

PORTO, Yeda S. **A Pesquisa No Cotidiano Escolar Contribuições Para Prática Pedagógica Inovadora.** Programa Interinstitucional de Integração da Universidade com Educação Fundamental (Coleção Cadernos Pedagógicos). Pelotas: UCPEL, 1996.

POZO, Juan I. **Teorias Cognitivas da Aprendizagem**. 3ª Ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

QUEIROZ, Lucileide D. Um Estudo Sobre a Evasão Escolar: Para se Pensar na Inclusão Escolar. **25ª Reunião Anual da ANPEd: Caxambu,** 2002. Disponível em: <http://www.anped.org.br/reunioes/25/lucileidedomingosqueirozt13.rtf> Acesso em: julho de 2007.

RÊGO, Florbela M. **As Radiações No Ensino**. Dissertação (Mestrado em Física para o Ensino) - Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Departamento de Física, Maio de 2004.

REGO, Tereza C. **Vygostsky: Uma Perspectiva Histórico-Cultural da Educação.** Petrópolis, RJ: Vozes, 1995.

REIGOTA, Marcos. **O que é a Educação Ambiental.** São Paulo: Brasiliense, 1994.

RICARDO, ELIO C. e ZYLBERSZTAJN, Arden. O Ensino das Ciências o Nível Médio: Um Estudo Sobre as Dificuldades na Implementação dos Parâmetros Curriculares Nacionais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física.** Florianópolis: UFSC, v.19, 351-370, 2002.

ROCHA FILHO, João B. BASSO, Nara R.S. BORGES, Regina M.R. Repensando uma proposta interdisciplinar sobre ciência e realidade. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciências,** vol. 5, nº2, 2006. Disponível em: <http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen5/ART7_Vol5_N2.pdf> Acesso em: julho de 2007.

RODARTE, Aminadab R. **A Saúde Mental em Indivíduos Envolvidos no Acidente com Césio 137 Em Goiânia.** Dissertação (Mestrado em Enfermagem) - Escola de Enfermagem da Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG. Belo Horizonte, 2003.

RUSCHEINSKY, Aloísio. **Educação Ambiental: Abordagens Múltiplas.** Porto Alegre: Artmed, 2002.

SÁ, Lais M. A desordem criadora: crise ambiental e educação. **Ambiente e Educação FURG.** Rio Grande, v. 9, 69-84, 2004.

SCAFF, Luiz A.M. **Perguntas e Respostas, Radiações**. São Paulo: Barcarola, 2002.

SIEGEL, Sidney. CASTELLAN, John. **Nonparametric Statistics for Behavioral Sciences**. New York: McGraw-Hill International Editions, 1988.

SILVA, Dirceu. MARTINS, André F.P. Conflito Cognitivo em Sala de Aula: Atividade Desencadeadora dos Processos. **Atas do XII Simpósio Nacional de Ensino de Física.** Belo Horizonte: UFMG, CECIMIG, FAE, 185-195, 1997.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DERMATOLOGIA - **SBD**. Disponível em: <http://www.sbd.org.br> Acesso em: maio de 2008.

TAUHATA, Luiz. SALATI, Ivan P.A. PRINZIO, Renato D. PRINZIO, Antonieta R.D. **Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos.** Rio de Janeiro: IRD/CNEN, 3° v, Abril, 2001.

VALADARES, Eduardo C. MOREIRA, Alison M. Explorando a Física do Cotidiano. **Atas do XII Simpósio Nacional de Ensino de Física.** Belo Horizonte: UFMG, CECIMIG, FAE, 415-419, 1997.

VALADARES, Jorge. FONSECA, Fédora. **Uma Estratégia Construtivista e Investigativa para o Ensino da Óptica.** Disponível em: <http://www2.ufpa.br/ensinofts/artigos2/v4n3a5.pdf> Acesso em: fevereiro de 2007.

VANICEK, Karel. FREI, Thomas. LITYNSKA, Zenobia. SCHMALWIESER, Alois. **Um Guia Para A Interpretação das Previsões do Índice UV, Com Base No Trabalho Preparado Pelo Grupo de Trabalho Nº4 Da Acção COST-713 "Previsão do UV-B"** Lisboa, 2000. Disponível em: <http://www.saudeetrabalho.com.br/download/indiceuv-publico.pdf> Acesso em: junho de 2006.

VIANNA, Heraldo M. **Testes em Educação**. São Paulo: Ibrasa, 1978.

WAGNER, M. B. MOTTA, V. T. DORNELLES C. SPSS passo a passo. **Statistical Package for the Social Sciences**. EDUCS - Editora da Universidade de Caxias do Sul, 2004.

APÊNDICES

APÊNDICE 1: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA O ALUNO

Objetivos: Desenvolver espaços de reflexão e discussão acerca de conteúdos pertinentes à disciplina de Física.

Informações gerais sobre os encontros:

- ✓ As atividades serão desenvolvidas na própria escola, no mesmo horário de aula, juntamente com a professora da disciplina de Física, visto que as mesmas fazem parte do currículo de Física;
- ✓ Para melhor compreensão das informações, as aulas serão gravadas e fotografadas, e as produções (textos, falas, cartazes) utilizados na pesquisa da mestranda;
- ✓ Seu nome não será escrito ou publicado em nenhum local.
- ✓ Essa atividade faz parte do projeto de pesquisa para a dissertação da mestranda Michely Prestes, do Mestrado em Educação Ambiental da FURG.
- ✓ Caso você deseje obter alguma informação relacionada ao projeto, contate o Orientador Arion De Castro Kurtz Dos Santos ou a pesquisadora Michely Prestes, através do telefone 3233-6869 (FURG).
- ✓ Você tem alguma pergunta a fazer?

Verificação do Consentimento

Declaro que li o termo de consentimento acima e aceito participar da pesquisa.

_____

Assinatura do/a participante

Declaro que li o termo de consentimento acima e autorizo o/a aluno/a....., pelo/a qual sou responsável, a participar da pesquisa.

_____

Assinatura do/a responsável

_____

Assinatura da pesquisadora

_____

Data

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO
PARA A DIREÇÃO DA ESCOLA

Fundação Universidade Federal do Rio Grande
Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental

Projeto de Pesquisa: **Contextualizando a Teoria e Prática das Radiações no Currículo da Disciplina de Física no Ensino Médio.**

Objetivos do projeto:

- Desenvolver unidades de aprendizagens sobre o tema Radiações;
- Problematizar questões vinculadas ao cotidiano do educando;
- Observar e compreender, através das unidades de aprendizagens, como os educandos vão construindo e significando os conceitos referentes ao tema Radiações;

Eu,_____, Diretora da Escola Estadual de Ensino Médio Lilia Neves, autorizo a mestranda Michely Prestes a realizar sua pesquisa numa turma de 3ª ano do Ensino Médio da referida escola. Estou ciente que a mesma realizará observações, gravações, fotografias e a utilização das produções (textos, falas, cartazes) dos alunos.

Caso você deseja obter alguma informação relacionada ao projeto, contate o Orientador Arion De Castro Kurtz dos Santos, através do telefones 3233-6869 (FURG).

Verificação do Consentimento

Declaro que li o consentimento acima e autorizo a realização da pesquisa.

_____

Assinatura da Diretora da E.E.E.M. Lília Neves

_____

Assinatura da pesquisadora

_____

Data

APÊNDICE 2: Primeiro Momento de Coleta de Dados.

Instrumento 1: Questionário das idéias dos alunos sobre a radiação

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO
Idade:..... Sexo: Feminino: ☐ Masculino: ☐ Profissão do pai:..... Profissão da mãe:.....

Agradecemos que responda o mais sinceramente possível, pois só assim os resultados serão válidos.

1. Você já ouviu falar em Radiação?

SIM ☐ NÃO ☐

Ouvi falar.....

2. Dos símbolos abaixo qual está relacionado com a Radiação:

Não sei

a) ☐ b) ☐ C) ☐ d) ☐ e) ☐ f) ☐

3.Dos tipos de Radiação abaixo marque as que você já ouviu falar:

a) ☐ Radiação gama;

b) ☐ Raios X;

c) ☐ Radiação Ultravioleta (UV);

d) ☐ Radiação visível;

e) ☐ Radiação infravermelha;

f) ☐ Não ouvi falar de nenhuma das radiações citadas;

4. Podemos sentir a Radiação?

SIM ☐ NÃO ☐

Podemos sentir a Radiação através, (se achar necessário pode marcar mais de uma alternativa):

a) ☐ Do tato;
b) ☐ Do paladar;
c) ☐ Da audição;
d) ☐ Da visão;
e) ☐ Do olfato;
f) ☐ A Radiação não é percebida pelos sentidos humanos;

5. As Radiações possuem os mesmos efeitos sobre os seres vivos?

SIM ☐ NÃO ☐

Justificar:

6. Você sabe a diferença entre a Radiação ionizante e a Radiação não ionizante?

SIM ☐ NÃO ☐

7. O uso das Radiações, que você conhece, pode contribuir favoravelmente para a vida humana?

SIM ☐ NÃO ☐

Dê exemplos:

8. Dos tipos de tecnologia abaixo, quais você acredita que podem utilizar a Radiação:

a) ☐ Em medicina. Ex:.....;
b) ☐ Em eletrônica; Ex:.....;
c) ☐ Em indústria; Ex:.....;
d) ☐ De guerra; Ex:.....;
e) ☐ De geração de energia; Ex:.....;
f) ☐ Não ouvi falar de nenhuma dessas tecnologias;

9. Alguns alimentos estão sendo irradiados para sua maior conservação, você acredita que este processo pode prejudicar a saúde dos seres humanos?

SIM ☐ NÃO ☐

Justificar:

10. Os Raios-X emitidos, quando se investigam possíveis fraturas ósseas, trazem somente benefícios à saúde?

SIM ☐ NÃO ☐

11. Por que hoje se fala da necessidade de proteção contra os raios solares?

Justificar:

12. Você acha mais seguro para sua saúde bronzear-se apanhando Sol, com os devidos cuidados, ou fazendo uso do bronzeamento artificial?

Sol ☐ Bronzeamento Artificial ☐

Justificar:

13. É mais adequado usar proteção solar:

a) ☐ Na praia;
b) ☐ Na cidade;
c) ☐ Na fazenda;
d) ☐ Não existe necessidade de usar proteção solar;
e) ☐ Em todas as situações;

14. É mais adequado usar proteção solar:

a) ☐ Na primavera;
b) ☐ No verão;
c) ☐ No outono;
d) ☐ No inverno;
e) ☐ Em todas as estações;
f) ☐ Nenhuma das estações;

15. Fazendo uso da Radiação o homem pode prejudicar o meio ambiente?

SIM ☐ NÃO ☐

Justificar:

16. O que você achou das perguntas deste questionário:

☐ Fácil de responder ☐ Difícil de responder ☐ Não encontrei dificuldades

17. Foi despertada alguma curiosidade ao responder este questionário?

SIM ☐ NÃO ☐

Justificar:

18. Você gostaria de dar alguma sugestão para o melhoramento deste questionário?

APÊNDICE 3: Segundo Momento de Coleta de Dados.

Instrumento 2: Problematizações

3° Encontro

1) Como a radiação desencadeia prejuízos para a saúde dos seres humanos?

4° Encontro

2) O que você sentiu ao saber do acidente de Goiânia vendo as fotos?

3) Como você acha que este acidente poderia ser evitado?

5° Encontro

4) Como a radiação pode beneficiar o ser humano no tratamento contra o câncer?

7° Encontro

5) Qual a diferença entre raios gama e raios-X?

6) Quais são nossos direitos ao fazer um exame de raios-X?

10° Encontro

7) Você acredita que espaços de discussão como esse possibilitam entender melhor a realidade e mudar suas atitudes em relação à exposição ao sol?

APÊNDICE 4: Terceiro Momento de Coleta de Dados.

Instrumento 3: Questionário aplicado com duas turmas distintas

QUESTIONÁRIO SOBRE AS RADIAÇÕES

1. Radiação:

A) ( ) é uma vibração das células de um corpo.

B) ( ) é uma forma de energia que se propaga.

C) ( ) são substâncias que explodem quando aquecidas.

D) ( ) é algo ainda misterioso para a ciência, portanto perigoso.

2. Radiação ionizante é capaz de:

A) ( ) arrancar células dos átomos.

B) ( ) excitar o elétron mas não o arranca das camadas dos átomos.

C) ( ) arrancar aleatoriamente elétrons das camadas dos átomos.

D) ( ) acelerar as células.

3. A radiação interage com um organismo vivo através:

A) ( ) da energia transferida para os átomos das células.

B) ( ) do calor, queimando tecidos.

C) ( ) das defesas do organismo que permitem a interação.

D) ( ) somente quando o organismo está debilitado.

4. Quando utilizada com conhecimento, a radiação pode:

A) ( ) queimar os átomos e as células.

B) ( ) reforçar as ligações dos átomos.

C) ( ) prejudicar apenas as células doentes.

D) ( ) ser utilizada no tratamento de câncer.

5. O símbolo abaixo informa que estamos tratando com materiais:

A) ( ) capazes de ionizar.
B) ( ) que podem ser corrosivos.
C) ( ) ácidos ou abrasivos.
D) ( ) gasosos disseminados pelo vento.

6. Um grave acidente radioativo ocorreu em Goiânia (1987), provocando diversos danos ambientais, entre eles:

A) ( ) poluição do ar devido a fumaça na hora da explosão radioativa.
B) ( ) morte dos peixes que foram contaminados no rio.
C) ( ) morte de pessoas devido aos efeitos biológicos da radiação.
D) ( ) não conheço esse acidente.

7. O acidente em Goiânia com césio 137 (Cs_{137}) foi provocado por:

A) ( ) médicos que usaram material contaminado em pacientes.
B) ( ) falta de conhecimento dos catadores de lixo.
C) ( ) uma empresa de fertilizantes que deixou vazar produtos químicos no rio.
D) ( ) não tenho conhecimento sobre esse acidente.

8. Um aparelho de raios-X, como os utilizados em hospitais:

A) ( ) emite radiação permanentemente, como uma fonte de césio.
B) ( ) apesar do nome raios-X não emite radiação.
C) ( ) não apresenta perigo algum para o acompanhante.
D) ( ) emite radiação quando os elétrons acelerados são freados ao colidir no alvo.

9. Recomenda-se fazer exames de raios-X:

A) ( ) sem limite, pois é indicado pelos médicos.

B) ( ) se necessário e com uso de protetores de borracha enriquecida com chumbo.

C) ( ) para acompanhar a gestação do feto já que se trata de uma imagem.

D) ( ) uma vez por ano como exame de rotina, mesmo sem a suspeita de fraturas.

10. Os raios ultravioletas podem ser atenuados:

A) ( ) pelo gás de ozônio (O_3).

B) ( ) pelo gás carbônico (CO_2).

C) ( ) pelo efeito estufa.

D) ( ) pelo gás nitrogênio (N).

11. Os raios ultravioletas dividem-se de acordo com o comprimento de onda em:

A) ( ) microondas curtas, microondas médias e microondas longas.

B) ( ) raios alfa, raios beta e raios gama.

C) ( ) infravermelho, visível e invisível.

D) ( ) raios UVA, UVB e UVC.

12. Bronzeamento, fotoenvelhecimento e câncer de pele podem ser causados:

A) ( ) pelos raios ultravioletas.

B) ( ) pelas microondas.

C) ( ) pela luz visível do Sol.

D) ( ) pelo calor do Sol.

13. O bronzeamento artificial:

A) ( ) é uma forma saudável de preparar a pele para o Sol do verão.

B) ( ) por ser uma alternativa rápida de ficar com a pele morena é saudável.

C) ( ) é prejudicial à saúde, causando fotoenvelhecimento precoce.

D) ( ) não se compara aos efeitos danosos provocados pelo Sol.

14. Analisando a exposição ao Sol:

A) ( ) é dispensável a proteção solar nos dias nublados, pois o calor é menor.

B) ( ) o uso de proteção solar só é necessário no verão.

C) ( ) no inverno não é perigoso porque não queima.

D) ( ) os raios UVA são constantes ao longo do ano.

15. Dizemos que houve contaminação radioativa quando a pessoa:

A) ( ) foi irradiada por um aparelho de radioterapia.

B) ( ) fez um exame de raios-X.

C) ( ) teve contato interno ou externo com material radioativo.

D) ( ) ingere legumes expostos à radiação.

O que mais chamou a sua atenção no curso:

Sugestões:

APÊNDICE 5: Quarto Momento de Coleta de Dados.

Instrumento 4: Entrevista Semi-estruturada

1. Supõe que uma pessoa que tu conheces conte que está com câncer. O médico disse que é necessário um tratamento com radiação, mas não entrou em detalhes. Teu amigo está pensando em não fazer o tratamento porque tem medo da radioterapia. De acordo com teus conhecimentos, o que tu dirias para teu amigo?

2. Falamos bastante sobre radiação. Hoje, quais tuas idéias sobre a radiação? O que ficou pra ti de tudo o que conversamos?

3. Na tua opinião, quais as vantagens das radiações? E as desvantagens?

4. Depois do que foi trabalhado em aula, tu acreditas que esses novos conhecimentos vão te fazer agir de forma diferente?

APÊNDICE 6: Material de Apoio

Material de apoio, disponibilizado para os alunos, com conceitos pertinentes aos tópicos da disciplina de Física, desenvolvidos na Unidade de Aprendizagem.

RADIAÇÃO

Radiação é uma **forma de energia** emitida por uma **fonte**, e que se **propaga** de um ponto a outro no espaço ou em um meio material qualquer sob a forma de *partículas*, ou ainda sob a forma de ***ondas eletromagnéticas***.

Neste momento vamos estudar as radiações provenientes de ondas eletromagnéticas.

Relembrando: Ondas Eletromagnéticas

Sempre que uma *carga elétrica* é colocada em *oscilação* (acelerada ou desacelerada) ela emite uma *onda eletromagnética*, isto é, *campos elétricos (E) e campos magnéticos (B) oscilantes*, que se propagam no espaço.

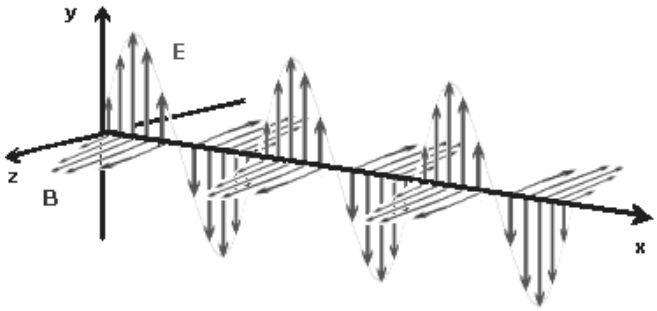


Figura 1- Onda eletromagnética.

Espectro Eletromagnético

Todas as ondas eletromagnéticas **têm a mesma natureza**: são geradas por cargas elétricas oscilantes (acelerada ou desacelerada), e constituídas por campos elétricos e campos magnéticos que se propagam no espaço.

As ondas eletromagnéticas diferem entre si basicamente pelo valor de sua ***freqüência,*** o que correspondente a cada tipo de radiação, o qual recebe uma denominação especial, respectivamente de menor para maior freqüência: *ondas de rádio, microondas, radiação infravermelha, luz (radiações visíveis), radiação ultravioleta, raios x e raios gama***.**

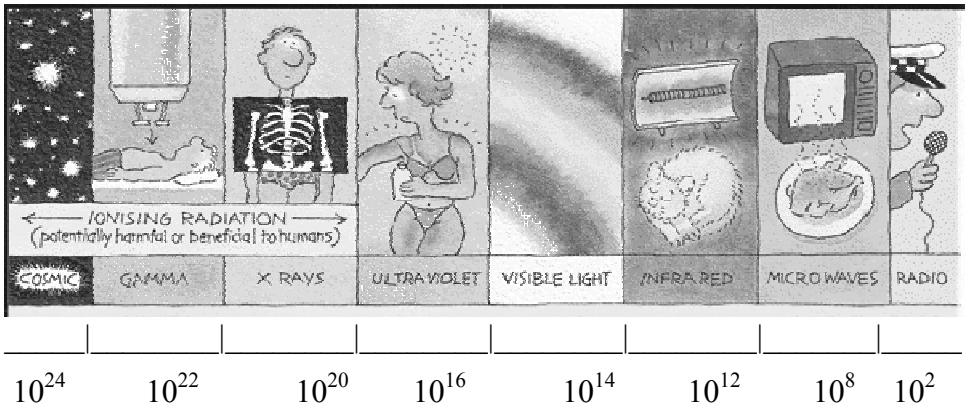


Figura 2- Espectro eletromagnético.

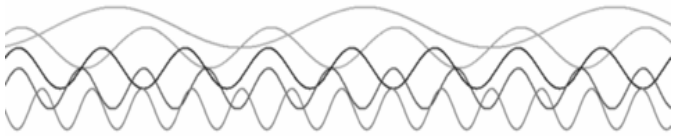


Figura 3- Freqüência das ondas.

O conjunto de todas essas radiações constitui o espectro eletromagnético. Neste momento iremos discutir os *raios gama, raios X e a raios ultravioletas*.

Freqüência (vibrações por segundo): a freqüência de uma onda eletromagnética é idêntica à freqüência da carga elétrica oscilante que a gerou, então podemos dizer que freqüência é o número de vibrações por segundo da carga elétrica.

A unidade de freqüência do SI (sistema internacional) é chamada de **Hertz** (**Hz**), em homenagem a Heinrich Hertz, que demonstrou a existência das ondas de rádio em 1986. Então uma vibração por segundo é 1 hertz.

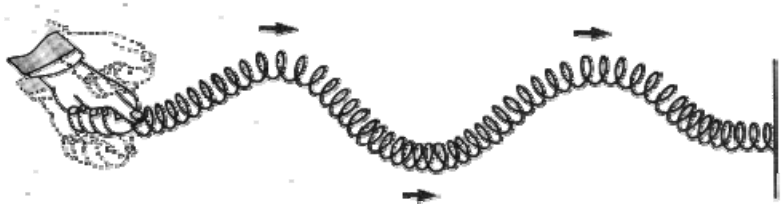


Figura 4- Oscilação em uma mola similar a oscilação da carga elétrica.

Comprimento de onda (λ): é a distância que vai de uma crista da onda a outra crista adjacente. Ou, equivalentemente, o comprimento de onda é a distância entre quaisquer duas partes idênticas e sucessivas da onda. Para as radiações os comprimentos de ondas são medidos em nanômetros (10^{-9}).

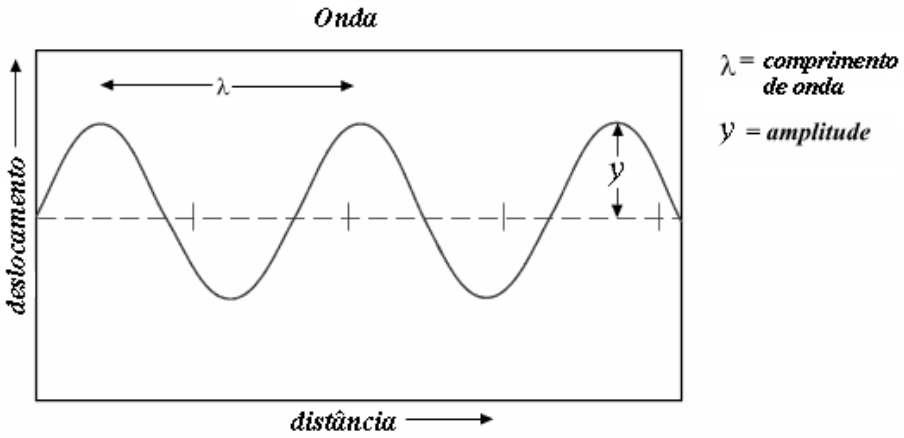


Figura 5- Comprimento de onda.

Organização dos seres Vivos

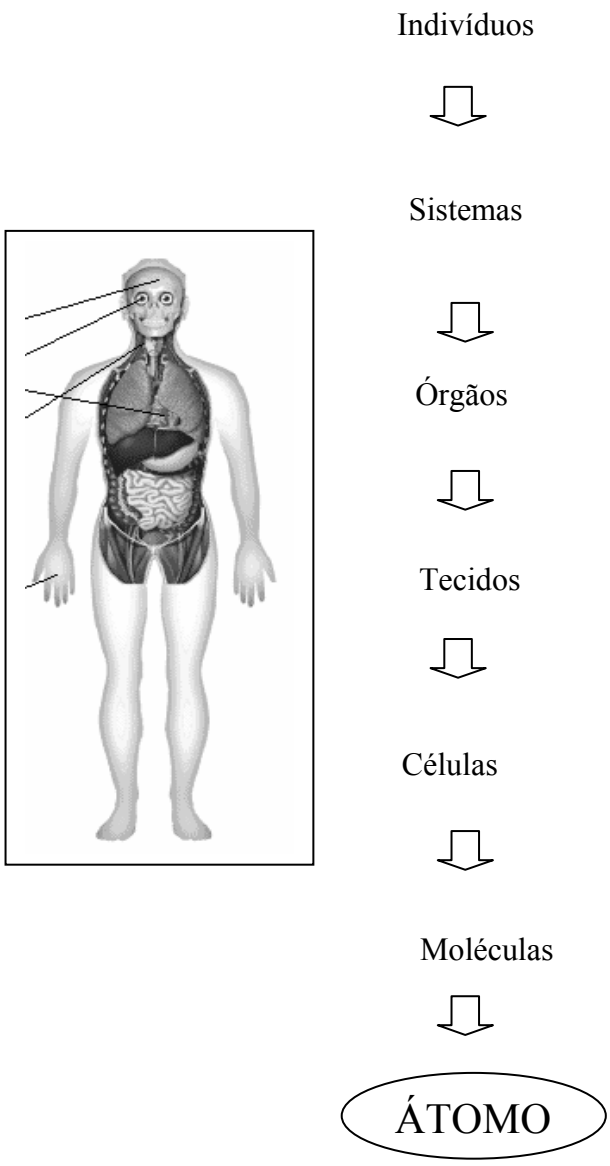


Figura 6- Hierarquia na formação e constituição do indivíduo.

Átomos

Todos os materiais existentes no universo são constituídos de átomos ou de suas combinações. Os seres vivos são constituídos principalmente por átomos de **carbono** (C), **hidrogênio** (H), **oxigênio** (O) e **nitrogênio** (N). Esses átomos são combinados entre si, constituem a base das **moléculas biológicas**.

Sendo a água a substância encontrada em maior quantidade na composição química de um ser vivo.

Até o ano de 2001, eram conhecidos 118 átomos diferentes, chamados elementos químicos. Apenas 88 desses átomos são encontrados na natureza os outros são sintetizados em laboratório.

Como não podemos ver os átomos, foram criados modelos para facilitar o entendimento de sua estrutura.

Modelo atômico de Bohr

Segundo esta representação, o átomo é formado de duas regiões: uma no centro chamada **núcleo**, onde estão os prótons (partículas de carga positiva) e os nêutrons (partículas sem carga) e uma outra região chamada **eletrosfera,** onde estão os elétrons (partículas de carga negativa).

A figura ao lado é uma representação do átomo de hidrogênio, segundo o modelo de Bohr.

Na eletrosfera, os elétrons se movem tão rapidamente ao redor do núcleo, em suas órbitas, que formam uma espécie de nuvem, mas há algumas regiões onde existe maior chance de encontrá-los que em outras.

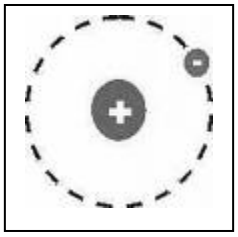


Figura 7 - Modelo de Bohr.

Os elétrons se distribuem em camadas ou orbitais. Quanto **mais elétrons** possuir o elemento químico, **mais camadas** ele deve ter ou mais complexa será a maneira como eles se acomodarão. Cada camada acomoda **um número definido de elétrons** e, quando preenchida, denomina-se camada fechada. Quando excedido, os novos elétrons devem ocupar novos orbitais.

Estas regiões podem conter certo número de elétrons, correspondendo cada uma delas a um **valor de energia** que depende da sua distância em relação ao núcleo do átomo.

Ainda, segundo Bohr, o elétron pode mudar para uma órbita mais afastada do núcleo de seu átomo **se receber certa quantidade de energia** que corresponde a um valor bem determinado.

Quando isso ocorre, o átomo deixa o estado fundamental e passa para o chamado estado excitado. Este estado, entretanto, é transitório, **a menos que** o átomo receba continuamente energia ou uma energia **superior à energia de ligação** do elétron. Caso contrário, o elétron retorna espontaneamente à órbita inicial.

Ao fazê-lo, ele emite a mesma quantidade de energia absorvida anteriormente, voltando ao estado fundamental. Em ambos os casos, dizemos que houve um salto quântico de energia.

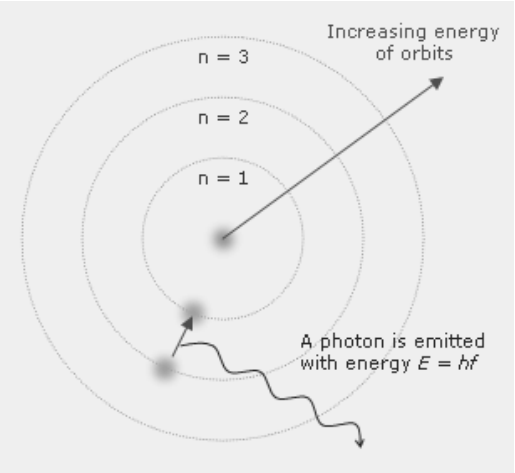


Figura 8- Transição de elétrons.

Energia de ligação

Cada elétron está vinculado ao núcleo pela atração entre a sua carga negativa e a carga positiva do núcleo. A energia consumida neste acoplamento se denomina *energia de ligação*. Os elétrons mais próximos do núcleo possuem maior energia de ligação, enquanto que os elétrons mais afastados possuem energia de ligação com valores bem menores. Os elétrons pertencentes ás camadas fechadas são mais estáveis.

Preenchimento das camadas eletrônicas

Para distribuir os elétrons nos níveis e subníveis de energia, é preciso adotar o diagrama criado por Linus Pauling e obedecer à Regra de Hund.

Nesta visão do átomo, os elétrons se distribuem ao redor do núcleo, em regiões privilegiadas, denominadas camadas.

Radiação ionizante

É quando a radiação **possui energia** suficiente para **arrancar um dos elétrons** orbitais dos átomos neutros, transformando-os em íons positivos. A radiação ionizante é, portanto, a eliminação de um elétron de um átomo, que se transforma em um par de íons positivo. *Portanto a interação das radiações*

ionizantes com a matéria consiste na transferência de energia da radiação para o meio irradiado.

Interação das Radiações Ionizantes com a Matéria

A interação das radiações ionizantes com a matéria é um processo que se passa em nível atômico. Ao atravessarem um material, estas radiações transferem energia para as partículas que forem encontradas em sua trajetória. Caso a energia transferida seja superior à energia de ligação do elétron com o restante da estrutura atômica, este é ejetado de sua órbita. O átomo é momentaneamente transformado em um íon positivo. O elétron arrancado (íon negativo) desloca-se no meio, impulsionado pela energia cinética adquirida neste processo. Esta energia é dissipada através da interação do elétron com elétrons e núcleos de outros átomos, eventualmente encontrados em sua trajetória. Novos íons podem, assim, ser introduzidos na matéria.

O processo é interrompido quando, tendo sua energia dissipada em interações (choques), os elétrons (e suas cargas negativas) acabam capturados por moléculas do meio. A introdução de pares de íons (positivo e negativo) na matéria recebe o nome de ionização.

Conseqüências Físicas e Químicas da Interação das Radiações Ionizantes com a Matéria

Ao arrancarem, aleatoriamente, elétrons das camadas eletrônicas de átomos, as radiações ionizantes contribuem para romper, mesmo que momentaneamente, o equilíbrio entre as cargas positivas e negativas do átomo. À introdução de cargas elétricas livres em um meio irradiado, segue-se um rearranjo eletrônico que pode envolver elétrons de outros átomos e moléculas. Este rearranjo de elétrons tem como conseqüência o restabelecimento do equilíbrio perdido.

Íons: *átomo ou molécula que se torna eletricamente carregado pelo ganho ou perda de elétrons.*

Conseqüências Biológicas da Interação das Radiações Ionizantes com um Ser Vivo

Considerando que as moléculas biológicas são constituídas, principalmente, por átomos de carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio, os elétrons que provavelmente serão arrancados de um átomo, no caso de irradiação de um ser vivo, serão elétrons de átomos destes elementos. Para que ocorra ionização em um material biológico, a energia da radiação deve ser superior ao valor da energia de ligação dos elétrons ligados aos átomos destes elementos.

A transformação de uma molécula específica (água, proteína, açúcar, DNA, RNA, etc.) pela ação das radiações leva a conseqüências que devem ser analisadas em função do papel biológico desempenhado nas células, visto serem estas as unidades morfológicas e fisiológicas dos seres vivos. Da mesma maneira, a geração de novas entidades químicas no sistema também deve ser analisada considerando seu impacto na célula irradiada.

Acidente de Goiânia

No dia 1° de outubro de 1987, os brasileiros tomaram conhecimento de um acidente radioativo ocorrido na cidade de Goiânia, Estado de Goiás, através dos jornais. Um aparelho de radioterapia em desuso tinha sido levado no dia 13 de setembro por dois catadores de papel de um prédio abandonado e, depois, vendido a um ferro-velho. O acidente não teria sido tão trágico se a fonte de césio-137 (radiação gama), contida no aparelho, não tivesse sido violada. No interior do cilindro havia pó de cloreto de césio na época da violação.

Efeitos Biológicos

No dia 13 de setembro, um dos catadores de papel teve vômito, que ele mesmo atribuiu ao fato de ter comido manga com coco, e no dia 15 ele procurou assistência médica por causa de queimaduras na mão e no braço. No dia 23, esse rapaz foi internado no Hospital Santa Rita, onde permaneceu durante 4 dias, quando foi transferido para o Hospital de Doenças Tropicais. O outro catador de papel também teve vômitos no dia 13, e no dia 14 do mês seguinte teve que amputar o antebraço direito.

Venda do equipamento

Os dois catadores de papel venderam parte do equipamento ao dono do ferro-velho, que **levou a maior parte da fonte para a sala de sua casa**. Uma luz azulada,

proveniente do misterioso pó contido na fonte, encantou as pessoas que a violaram. O dono do ferro-velho **distribuiu um pouco desse pó** que parecia purpurina a aparentes amigos, dando início à contaminação pelo césio 137 de aproximadamente 250 pessoas e uma dezena de localidades. O dono do ferro-velho afirmou em suas primeiras entrevistas que esteve com a fonte durante 8 dias.

Anúncio para a vigilância sanitária

Maria Gabriela, a esposa do dono do ferro-velho, teve a intuição de que o mal-estar que seus familiares também passaram a sentir poderia ser devido ao pedaço da fonte guardado dentro de sua casa. Auxiliada, então, por um dos empregados do ferro-velho, levou o pedaço da fonte dentro de um saco plástico, em um ônibus, para o centro de vigilância sanitária, dizendo "meu povo está morrendo". O médico do centro, após vários diagnósticos, solicitou a presença de um físico, desconfiado que os sintomas descritos fossem conseqüência de contaminação por material radioativo. A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) foi avisada do acidente, logo após a confirmação da suspeita. O diretor do Departamento de Instalações Nucleares da CNEN chegou á Goiânia, juntamente com mais dois técnicos da CNEN, acionando, a partir de então, um plano de emergência.

Vítimas fatais

A primeira vítima, Maria Gabriela Ferreira, com 37 anos de idade, quando foi examinada em um hospital porque estava com diarréia e vômitos, morreu no dia 23 de outubro de 1987. No mesmo dia, horas mais tarde, foi a vez de sua sobrinha, Leide das Neves Ferreira, uma menina de apenas 6 anos, que passou a "purpurina" pelo corpo e ingeriu um pouco de pó de césio-137, ao segurar o pão que comia com a mão contaminada. Nos dias 27 e 28 de outubro morreram, respectivamente, Israel Batista dos Santos (22 anos) e Admilson Alves de Souza (18 anos), funcionários do ferro-velho, que manusearam o equipamento no dia 19 de setembro.

Contaminação ambiental

O solo de locais próximos aos focos continha grande concentração de argila, que favoreceu a retenção de íons de césio. Em termos geográficos, os focos de radiação se concentraram nas áreas onde houve manipulação do material radioativo e nos locais onde foram levadas as partes contaminadas do aparelho de radioterapia, além dos trajetos percorridos pelas pessoas que tiveram contato direto com a fonte de Cs-137. Quanto ao lençol freático não foi detectada nenhuma contaminação. Um

número reduzido de árvores frutíferas e hortaliças domésticas apresentaram contaminação significativa.

Monitoramento da população

Em aproximadamente 3 meses (setembro/dezembro, 1987) 112.800 pessoas foram monitoradas pelos técnicos da CNEN, inclusive jornalistas que faziam a cobertura do acidente. Dessa monitoração constatou-se que menos de 1.000 pessoas (não contaminadas) foram irradiadas externamente com exposição acima da radiação natural, 249 pessoas apresentaram contaminação externa e/ou interna, das quais 49 foram internadas.

Infelizmente houve 4 óbitos. Os 500 técnicos da CNEN que trabalharam na descontaminação, monitoração e assessoria local também foram expostos à radiação emitida pelo Cs-137, entretanto, nenhum deles atingiu o limite semanal determinado por normas de radioproteção dotadas pela CNEN.

Rejeitos radioativos

Os rejeitos gerados da descontaminação de pessoas e locais foram compactados, sendo os rejeitos líquidos solidificados com cimento. Algumas casas e barracos tiveram que ser destruídos e removidos com tudo que havia em seu interior. O solo dos focos de contaminação também foi removido, sendo substituído por uma camada espessa de concreto.

Diversos **tipos de embalagens** foram usados, para acondicionar estes rejeitos. O volume total dos rejeitos foi de **3.461 m^3**.

De 25/10 a 19/12 de 1987, foram realizados 275 transportes de rejeitos para um terreno situado a uns 20 km do centro de Goiânia, e 2,5 km da cidade de Abadia de Goiás.

Esse foi o local escolhido para o armazenamento provisório de rejeitos, **após muita polêmica**, uma vez que as autoridades de cada Estado brasileiro se recusavam receber esse material.

A população de Goiânia levou cerca de cinco meses para retornar à sua vida normal, sendo todas as áreas contaminadas, liberadas. A CNEN manteve em Goiânia 11 técnicos que efetuaram o acompanhamento dos rejeitos radioativos, para o controle do meio ambiental e para o acompanhamento das vítimas. Seis delas ainda apresentavam seqüelas razoavelmente graves, como as radiodermatites (queimaduras causadas por radiação) e continuaram recebendo tratamento diário.

É importante esclarecer a diferença entre contaminação radioativa e irradiação.

CONTAMINAÇÃO E IRRADIAÇÃO

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**. Irradiar, portanto, não significa contaminar.

Contaminar com material radioativo, no entanto, implica irradiar o local onde esse material estiver, podendo ser:

- Contaminação interna: ocorre se a substância for ingerida ou injetada;
- Contaminação externa: ocorre se houver contato físico, sem proteção, com uma superfície contaminada ou com a própria fonte de radiação.

Por outro lado, a descontaminação consiste em retirar o contaminante (material indesejável) da região onde se localizou. A partir do momento da remoção do contaminante, não há mais irradiação.

Importante: A **irradiação** por fontes de césio-137, cobalto-60 e similares não torna os objetos ou o corpo humano radioativos. Irradiação não contamina, mas contaminação irradia.

Observe as figuras abaixo: Quando estamos expostos à radiação solar não nos contaminamos, mas estamos sendo irradiados. Agora, ao sentar em uma cadeira que está ainda com a tinta fresca, nos contaminamos, pois houve contato físico do corpo com a tinta.

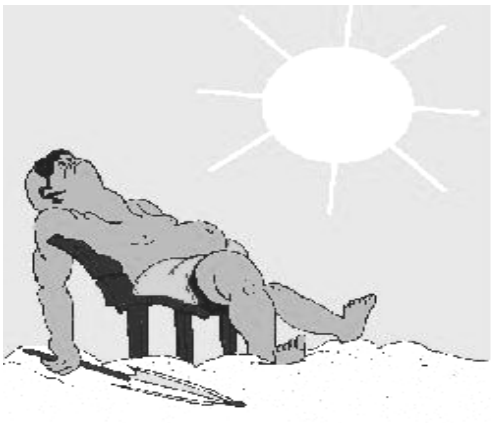


Figura 9- Exposição.

Figura 10- Contaminação.

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo