

**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



Universidade Federal  
do Espírito Santo



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA**

**RAPHAEL FURTADO COELHO**

**UM ESTUDO SOBRE OS BENEFÍCIOS E RISCOS DAS RADIAÇÕES  
COM ENFOQUE CTS ARTICULADO À PERSPECTIVA  
INVESTIGATIVA: UM PROJETO DE ENSINO DESENVOLVIDO NO  
IFES CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM**

**VITÓRIA  
2019**

RAPHAEL FURTADO COELHO

**UM ESTUDO SOBRE OS BENEFÍCIOS E RISCOS DAS RADIAÇÕES  
COM ENFOQUE CTS ARTICULADO À PERSPECTIVA  
INVESTIGATIVA: UM PROJETO DE ENSINO DESENVOLVIDO NO  
IFES CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Espírito Santo no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Geide Rosa Coelho

VITÓRIA  
2019

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

---

C672e Coelho, Raphael Furtado, 1981-  
Um estudo sobre os benefícios e riscos das radiações com enfoque CTS articulado à perspectiva investigativa: um projeto de ensino desenvolvido no IFES Cachoeiro de Itapemirim / Raphael Furtado Coelho. - 2019.  
162 f. : il.

Orientador: Geide Rosa Coelho.  
Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas.

1. Física - Estudo e ensino. 2. Radiação. 3. Enfoque CTS. 4. Investigação. I. Coelho, Geide Rosa. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Exatas. III. Título.

CDU: 53

---



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**"UM ESTUDO SOBRE OS BENEFÍCIOS E RISCOS DAS RADIAÇÕES COM  
ENFOQUE CTS ARTICULADO À PERSPECTIVA INVESTIGATIVA: UM PROJETO  
DE ENSINO DESENVOLVIDO NO IFES CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM"**

**Raphael Furtado Coelho**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com a Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 18 de outubro de 2019.

**Comissão Examinadora**



Prof. Dr. Geide Rosa Coelho  
(Orientador PPGEnFis/UFES)



Prof. Dr. Sidnei Quezada Meireles Leite  
(Membro Externo/UFES)



Prof. Dr. Sérgio Mascarello Bisch  
(Membro Interno PPGEnFis/UFES)

À Cíntia, meu amor. Companheira de uma vida inteira que está sempre ao meu lado, me apoiando em todas as horas.

Aos meu pais José Luiz e Marlene, que são meus exemplos de vida, perseverança e força.

À minha sogra Albana, pela ajuda incondicional.

Ao meu filho amado Luís, por ser tudo na minha vida.

## **Agradecimentos**

A toda minha família, pela ajuda e compreensão pelos momentos em que estive ausente na preparação deste trabalho.

Ao meu amigo/orientador, Prof. Geide Rosa Coelho, por todo aconselhamento e conhecimentos transmitidos nesse período da minha vida.

Ao meu amigo Laércio Evandro Ferracioli pelas aulas iniciais e inspiradoras do curso.

Ao meu amigo Rodolfo Sant'Ana Silva, pela ajuda nos planejamentos deste trabalho.

Aos alunos que participaram desta pesquisa.

A todos os amigos que fiz neste mestrado.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UFES

## RESUMO

### UM ESTUDO SOBRE OS BENEFÍCIOS E RISCOS DAS RADIAÇÕES COM ENFOQUE CTS ARTICULADO À PERSPECTIVA INVESTIGATIVA: UM PROJETO DE ENSINO DESENVOLVIDO NO IFES CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM

Raphael Furtado Coelho

Orientador:  
Prof. Dr. Geide Rosa Coelho

Neste trabalho, apresentamos uma proposta para o ensino introdutório das radiações, mediante a realização de estudos sobre os benefícios e riscos gerados por elas. Para isso, desenvolvemos uma Sequência de Ensino com enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade (SECTS), que foi articulado a uma perspectiva investigativa e desenvolvida com vinte estudantes da primeira série do curso Técnico em Informática Integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Cachoeiro de Itapemirim. Esta sequência de ensino, apresentando pressupostos da abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), possibilitou a articulação de conceitos da Física das Radiações, com temas de relevância sociocientífico. A Pesquisa-Intervenção escolhida como delineamento metodológico foi aplicada na forma de um projeto de complementação de ensino, no qual os dados produzidos e coletados através dos relatos em diários de campo, gravações de áudio e vídeo e demais produções escritas possibilitaram evidenciar apropriações das aprendizagens atitudinal e procedimental como: a valorização das abordagens científicas dos problemas propostos, os posicionamentos críticos e reflexivos diante das situações-problema, a estruturação de ideias por meio de linguagem escrita ou linguagem oral, a utilização de modelos para interpretar os temas propostos e formulação de hipóteses. Além dessas aprendizagens, evidências de apropriações conceituais sobre radiação, como: radiação ionizante e não ionizante, decaimento radioativo, energia da radiação eletromagnética e corpuscular, entre outras, foram constatadas nas análises dos dados coletados nesta pesquisa.

**Palavras-chave:** Radiação, Ensino de Física, Enfoque CTS, Perspectiva Investigativa, Pesquisa-Intervenção, Aprendizagens atitudinal, procedimental e conceitual.

## ABSTRACT

A STUDY ON THE BENEFITS AND RISKS OF RADIATIONS WITH CTS FOCUS  
ARTICULATED TO THE INVESTIGATIVE PERSPECTIVE: A TEACHING PROJECT  
DEVELOPED IN IFES CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM

Raphael Furtado Coelho

Advisor:  
Prof. Dr. Geide Rosa Coelho

In this paper, we present a proposal for the introductory teaching of radiation, by conducting studies on the benefits and risks generated by them. To this end, we developed a Teaching Sequence focusing on Science, Technology and Society (SECTS), which was articulated to an investigative perspective and developed with twenty first-grade students of the Technician in Integrated High School Informatics course at the Federal Institute of Espírito Santo. - Cachoeiro de Itapemirim Campus. This teaching sequence, presenting assumptions of the Science, Technology and Society (CTS) approach, made possible the articulation of concepts of Radiation Physics, with themes of socio-scientific relevance. The Intervention Research, chosen as a methodological design, was applied in the form of a teaching complementation project, in which the data produced and collected through reports in field diaries, audio and video recordings and other written productions made it possible to highlight appropriations of the research. attitudinal and procedural learning as: the valorization of the scientific approaches of the proposed problems, the critical and reflexive positions before the problem situations, the structuring of ideas through written or oral language, the use of models to interpret the proposed themes and formulation of hypotheses. In addition to these learnings, evidence of conceptual appropriations about radiation, such as ionizing and non-ionizing radiation, radioactive decay, energy of electromagnetic and corpuscular radiation, among others, were found in the analysis of the data collected in this research.

**Keywords:** Radiation, Physics Teaching, CTS Approach, Investigative Perspective, Intervention Research, Attitudinal, procedural and conceptual learning.

## Lista de Figuras

Figura 1: Espectro da radiação eletromagnética .....	35
Figura 2: Porcentagem de penetração da radiação ultravioleta na pele .....	36
Figura 3: Decaimento exponencial de um elemento radioativo .....	39
Figura 4: Série radioativa do urânio-238.....	40
Figura 5: Diagrama simplificado de um tubo de raios X .....	42
Figura 6: Processo de geração de um fóton de raio X de freamento .....	42
Figura 7: Imagem do Projeto Pedagógico do Curso Técnico em Informática .....	45
Figura 8: Início da primeira aula: “A radiação, na visão do aluno” .....	61
Figura 9: “Slide da apresentação de powerpoint passado na primeira aula.” .....	61
Figura 10: Relato feito por Cleiton.....	62
Figura 11: Relato feito por Coraline .....	63
Figura 12: Relato feito por Roberta .....	64
Figura 13: Relato feito por Maria Eduarda .....	65
Figura 14: Relato feito por Sofia.....	67
Figura 15: Relato feito por Edmundo .....	68
Figura 16: Slide apresentado para identificação das fontes de radiação. ....	68
Figura 17: Vídeo intitulado “Guarapari, pior que Fukushima e Chernobyl” .....	72
Figura 18: Foto tirada do rótulo de uma garrafa de água mineral. ....	73
Figura 19: Foto tirada do controle do ar condicionado ao emitir radiação infravermelho.....	76
Figura 20: O Espectro Eletromagnético e suas características fundamentais .....	78
Figura 21: Foto tirada do quadro representando duas ondas senoidais de diferentes comprimentos de onda.....	79
Figura 22: Diferença entre as cores azul e amarela na chama de uma vela .....	81
Figura 23: Extração de rochas ornamentais na região de Cachoeiro de Itapemirim-ES.....	83
Figura 24: Slide 1 - Grand Central Terminal .....	84
Figura 25: Slide 2 - Grand Central Terminal .....	85
Figura 26: Slide 3: Grand Central Terminal .....	85
Figura 27:Relato feito por Maria Eduarda .....	85
Figura 28: Relato feito por Ronaldo .....	86
Figura 29: Relato feito por Logan.....	86
Figura 30: Relato feito por Symon.....	87
Figura 31: Relato feito por Coraline .....	87
Figura 32: Reportagem sobre a radiação emitida por bancadas de granito.....	88
Figura 33: Trabalho apresentado na XII Jornada de Iniciação Científica do CETEM/MCT .....	91
Figura 34: Objetivo e Conclusão do trabalho apresentado pela aluna Yasmin.....	92
Figura 35: Slide 1 - Reportagem: “Granito emite radiação?” .....	99
Figura 36: Slide 2 - Reportagem: “Granito emite radiação?” .....	99
Figura 37: Carta escrita pela aluna Roberta .....	101

Figura 38: Carta escrita pela aluna Luana .....	103
Figura 39: Carta escrita pelo aluno Valdemar.....	105

## **Lista de Quadros:**

Quadro 1: Habilidades apresentadas na BNCC que remetem ao enfoque CTS.....	23
Quadro 2: Resumo das características das atividades investigativas .....	28
Quadro 3: Faixa do ultravioleta em UVC, UVB e UVA.....	36
Quadro 4: Quadro-resumo das atividades da SECTS .....	49
Quadro 5: Análise de procedimentos e atitudes .....	58

## Lista de Siglas

BNCC.....	Base Nacional Comum Curricular
C&T.....	Ciência e Tecnologia
CETEM-ES.....	Centro de Tecnologia Mineral – Espírito Santo
CETEM/MCT.....	Centro de Tecnologia Mineral/Ministério da Ciência e Tecnologia
CTS.....	Ciência, Tecnologia e Sociedade
DNA.....	Ácido Desoxirribonucleico
ENEM.....	Exame Nacional do Ensino Médio
EUA.....	Estados Unidos da América
MNPEF.....	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
PCN.....	Parâmetros Curriculares Nacionais
PLON.....	Dutch Physics Curriculum Development Project
SATIS.....	Science and Technology in Society
SECTS.....	Sequência de Ensino com enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade
SISCON.....	Studies in a Social Context
UFES.....	Universidade Federal do Espírito Santo
UFRJ.....	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UV.....	Ultravioleta

## Sumário

Introdução.....	14
Capítulo 1 – Discussões Teóricas .....	17
1.1 Movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) .....	17
1.1.1 <i>Enfoque CTS na educação</i> .....	18
1.1.2 <i>Enfoque CTS na educação brasileira</i> .....	21
1.2 O Ensino por Investigação .....	25
1.2.1 <i>Atividades Investigativas</i> .....	27
1.2.2 <i>A postura pedagógica do professor no Ensino por Investigação</i> .....	30
1.2.3 <i>O Papel do aluno no Ensino por Investigação</i> .....	31
1.3 Teorizando sobre Radiação.....	33
1.3.1 <i>Radiação</i> .....	33
1.3.2 <i>A radiação eletromagnética</i> .....	34
1.3.3 <i>Propriedades do núcleo</i> .....	36
1.3.4 <i>Decaimento radioativo</i> .....	37
1.3.5 <i>Radiação ionizante e seus efeitos biológicos</i> .....	40
1.3.6 <i>Os raios X</i> .....	41
Capítulo 2 – Procedimentos Metodológicos .....	43
2.1 Objetivos da Pesquisa.....	43
2.2 O contexto da intervenção e da pesquisa.....	43
2.2.1 <i>Caracterizando a escola e os participantes do estudo</i> .....	44
2.3 Pesquisa-Intervenção como delineamento metodológico .....	46
2.3.1 <i>Método da Intervenção pedagógica, apresentação da SECTS e produção das cartas</i> :.....	47
2.3.2 <i>Método de análise de dados</i> : .....	56
Capítulo 3 – Análise dos dados, resultados e discussões .....	60
3.1 A radiação na visão do aluno .....	60
3.2 A Radiação das Rochas Ornamentais .....	83
3.3 Análise das cartas:.....	100
Considerações finais.....	106
Referências .....	109
Apêndice I.....	113
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO .....	114

## Introdução

Em 2004 me formei em licenciatura plena em Física pela Universidade Federal de Juiz de Fora, e com muito orgulho me tornei professor. Enquanto alguns amigos continuaram os estudos, fazendo seus mestrados e doutorados, fiz a opção de entrar diretamente no mercado de trabalho, deixando minha formação profissional em segundo plano.

Com o passar dos anos na docência, comecei a perceber que algo não estava mais transcorrendo como eu gostaria. Meus alunos estavam apresentando baixos rendimentos escolares e sozinho, não conseguia mudar a situação que se apresentava naquele momento. Foi quando percebi que precisava de uma orientação para enxergar novas perspectivas educacionais. Foi quando em 2017, tive a oportunidade de continuar minha formação docente, ingressando no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), pela Universidade Federal do Espírito Santo.

A motivação ao abordar o tema sobre radiação, deve-se ao fato de termos a oportunidade de divulgar a importância sobre o uso cada vez mais constante da radioatividade em nossa sociedade. Desde tratamentos para o combate a determinados tipos de câncer, como as utilizações na agricultura (no controle de pragas, conservação de alimentos), como possível fonte de energia, na utilização em indústrias (na verificação de defeitos em peças fabricadas e na esterilização de alimentos ou de materiais cirúrgicos) e demais áreas. Considero que seja uma oportunidade de discutir e problematizar um tema ainda pouco presente na sala de aula de Física. Além dessas motivações, temos a oportunidade de esclarecer as diferenças entre radiação e radioatividade, deixando claro a importância de se abordar políticas regulamentadoras do uso das radiações em benefício da sociedade, entendendo até onde vão os riscos e benefícios gerados pelo uso das tecnologias empregadas atualmente.

Durante os estudos realizados ao longo do mestrado, tive a oportunidade de conhecer dois novos mundos: O “Enfoque CTS na Educação” e o “Ensino por Investigação”. O primeiro visa uma educação relacionada ao uso social do conhecimento científico, levando os estudantes à busca de informações sobre as ciências e suas tecnologias, compreendendo a importância de relacionar os

conteúdos estudados com questões tecnológicas e sociocientíficas. E com o propósito de desenvolver conceitos relacionados à radiação, escolhemos abordar o tema por meio de uma perspectiva investigativa, de forma que tanto o professor quanto o aluno, tivessem a oportunidade de pensar, debater e justificar suas ideias, num movimento em que todos os envolvidos participassem do processo de aprendizagem, aplicando seus conhecimentos em novas situações.

O entendimento e aplicação dessas duas perspectivas educacionais só foram possíveis, mediante aos valiosos encontros do grupo de pesquisa, formado pelo meu orientador e alunos do programa de pós-graduação. Nesses encontros, abordamos o tema desta pesquisa e quais seriam as práticas educacionais mais apropriadas a serem desenvolvidas. Os estudos de trabalhos publicados por grupos anteriores ao meu, tiveram uma grande contribuição para o resultado final aqui apresentado. Destes trabalhos destaco os que abordaram propostas para o ensino de ciências nos anos iniciais do ensino fundamental sobre o tema interação ultravioleta – corpo humano (BARCELLOS, 2017), que promoveram estudos das diversas formas de produção de energia em uma abordagem CTSA (LEITE, 2016) e que propuseram uma implementação de uma sequência de ensino investigativa com enfoque CTS para trabalhar temas da física moderna com alunos do ensino médio (PEDROSO, 2017). Buscamos analisar também, trabalhos relacionados a outras áreas das ciências, que não fossem unicamente ligadas à física, para compreendermos melhor a importância da abordagem CTS. Dentre eles podemos citar o estudo feito para recuperação de nascente de água no Ensino Médio, que promoveu uma educação ambiental com enfoque CTS/CTSA (DEMUNER, 2019), e diálogos sobre a produção artesanal de mel no Ensino Médio, que abordaram a educação CTS/CTSA (SANTOS, 2018).

A intervenção realizada com os estudantes foi na forma de um projeto de ensino ocorrido no contraturno da escola. E chamaremos de “encontro” os momentos nos quais desenvolvemos uma Sequência de Ensino com enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade (SECTS), articulado a uma perspectiva investigativa. Este material aborda conceitos básicos sobre as radiações, mediante à realização de estudos sobre os benefícios e riscos gerados por elas, mostrando a articulação de conceitos da física com temas de relevância sociocientífico. Em cada encontro de aproximadamente duas horas, buscamos avaliar indícios de aprendizagens atitudinal, procedimental e conceitual dos estudantes, que serão apresentados e discutidos neste trabalho.

Dessa forma, convido-os a entrar nesse mundo de desafios, encantamentos, frustrações e aprendizagens, no qual apresento uma análise do processo de construção de conhecimentos científicos de estudantes da 1ª série do Ensino Técnico em Informática Integrado ao Ensino Médio, do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Cachoeiro de Itapemirim, sobre os benefícios e riscos das radiações.

# Capítulo 1 – Discussões Teóricas

## 1.1 Movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)

Acriticamente, a relação entre ciência, tecnologia e sociedade é baseada no “modelo linear de desenvolvimento”: + ciência = + tecnologia = + riqueza = + bem-estar social. Este modelo indica que ao se obter um conhecimento científico sobre uma determinada área, teremos controle sobre a tecnologia referente a ela, gerando riqueza e conseqüentemente, bem-estar social (GARCIA, CEREZO e LUJÁN, 1996; Oliveira & Gonçalves, 2019).

Ainda de acordo com a perspectiva crítica de Garcia, Cerezo e Luján (1996), quando se aplica um método científico e um controle rigoroso sobre sua veracidade (prevenindo-se de controvérsias e fraudes), a ciência seria capaz de produzir um conhecimento objetivo sobre o mundo. Porém, as verdades sobre as ciências da natureza só seriam reveladas se deixarmos as questões sociais de fora.

Essa visão foi predominante nos anos 1940 e 1950, pós 2ª Guerra Mundial, na qual uma série de desastres relacionados ao avanço da ciência e tecnologia foram associadas ao modelo linear de desenvolvimento clássico citado anteriormente. Segundo Luján *et al.* (1996), o medo que se vivenciou ao perceber que as mesmas forças utilizadas para se controlar a natureza poderiam destruí-la, fizeram a sociedade rever a política do avanço científico-tecnológico.

Uma sociedade que associa unicamente o avanço da ciência e da tecnologia com o desenvolvimento e progresso trazendo somente benefícios à humanidade, nega os perigos que interesses sociais, políticos, militares e econômicos podem trazer (PINHEIRO, 2005). De acordo com essa ideia, Bazzo (1998, p. 142) menciona que:

É inegável a contribuição que a ciência e a tecnologia trouxeram nos últimos anos. Porém, apesar desta constatação, não podemos confiar excessivamente nelas, tomando-nos cegos pelo conforto que nos proporcionam cotidianamente seus aparatos e dispositivos técnicos. Isso pode resultar perigoso porque, nesta anestesia que o deslumbramento da modernidade tecnológica nos oferece, podemos nos esquecer que a ciência e a tecnologia incorporam questões sociais, éticas e políticas.

Devemos nos preocupar cada vez mais em compreender o processo de desenvolvimento científico-tecnológico, nos tornando atores sociais. Dessa forma poderemos avaliar e participar de decisões que venham a afetar o meio em que

vivemos. Ficarmos atentos às “promessas de avanços tecnológicos” que visam interesses de classes dominantes, podem implicar em riscos às classes menos favorecidas, de acordo com Pinheiro (2005) e Oliveira e Gonçalves (2019).

É nesse contexto de críticas que emerge o movimento CTS, trazendo implicações nos currículos de ciências e chamando a atenção da sociedade para o interesse sobre as consequências do uso da tecnologia e a ética das atividades realizadas pelos cientistas. Para Mortimer e Santos (2001, p.96):

A ciência não é uma atividade neutra e o seu desenvolvimento está diretamente imbricado com os aspectos sociais, políticos, econômicos, culturais e ambientais. Portanto a atividade científica não diz respeito exclusivamente aos cientistas e possui fortes implicações para a sociedade. Sendo assim, ela precisa ter um controle social que, em uma perspectiva democrática, implica em envolver uma parcela cada vez maior da população nas tomadas de decisão sobre C&T.

Os “estudos CTS”, que remetem as novas interpretações dos estudos da ciência e da tecnologia, se preocupam não somente com os impactos sociais na política ou na economia, mas também com questões éticas, ambientais e culturais. Dessa forma, programas CTS vêm sendo desenvolvidos nos campos da pesquisa, da política pública e na educação (GARCIA, CERREZO e LUJÁN, 1996).

### **1.1.1 Enfoque CTS na educação**

Formar cidadãos conscientes e capazes de distinguir o certo do errado, o “fake” do verdadeiro, o moral do imoral, é uma demanda fundamental nos dias atuais. O acesso fácil e ilimitado da internet com seus vídeos, reportagens e documentários têm contribuído em muitos casos com uma leitura acrítica sobre as informações que são disponibilizadas diariamente para a sociedade. Temos acesso a um “mundo” de informações as quais não conseguimos em muitas situações, compreender e disseminar esses conhecimentos adquiridos de uma forma correta e ética, não importando a área de atuação. Seja nas ciências e suas tecnologias, nas engenharias, ciências sociais, artes ou medicina, o cidadão deve sempre questionar e refletir sobre como atuamos no meio em que vivemos. E para termos essa capacidade de entendimento e atuação, a educação por meio de CTS está relacionada ao uso social do conhecimento científico, emponderando os estudantes na busca de informações sobre as ciências e tecnologias da vida moderna, para que possam ser capazes de

analisar, julgar e tomar decisões em suas vidas (GARCÍA, CEREZO e LUJÁN, 1996). De acordo com Cruz (2001, p. 171):

O papel mais importante a ser cumprido pela educação formal é o de habilitar o aluno a compreender a realidade (tanto do ponto de vista dos fenômenos naturais quanto sociais) ao seu redor, de modo que ele possa participar, de forma crítica e consciente, dos debates e decisões que permeiam a sociedade na qual se encontra inserido.

Ensinar ciência e tecnologia com um enfoque CTS é relacionar os conteúdos vistos nas disciplinas com futuras atividades exercidas (ou que serão exercidas) pelos estudantes, seja no papel de um consumidor, cidadão ou profissional. É também compreender os aspectos que organizam um currículo escolar e construir de forma coletiva a aula e os espaços de aprendizagem, nos quais se possam ter momentos de reflexão sobre os processos científico-tecnológicos reais.

Para Aikenhead (2009), por meio do estudo das ciências, os estudantes se tornam capazes de desenvolver responsabilidades que um mundo cada vez mais tecnológico exige. Para o autor, as abordagens CTS adotadas na educação possibilitam que as ciências estejam ao alcance de todos, promovendo a alfabetização científica. Ao mesmo tempo, ele nos alerta sobre as dificuldades que podemos encontrar, ao tentarmos empregar esta abordagem em instituições nas quais as políticas tradicionais empregadas se distanciam das perspectivas e compromissos sociais e democráticos da abordagem CTS.

A formação de um indivíduo sensível e crítico no que diz respeito aos impactos sociais relativos às novas tecnologias ou até mesmo a implementação das já conhecidas, é uma preocupação constante do enfoque CTS (GARCÍA, CEREZO e LUJÁN, 1996). De acordo Bazzo (2003, p. 149) ao citar Leonard Waks:

[...] para introduzir mudanças estruturais no sistema educativo com a finalidade de realizar uma educação tipo CTS são requeridos: a) uma transferência da autoridade do professor e dos textos para os estudantes, individual e coletivamente; b) uma mudança na focalização das atividades de aprendizagem do estudante individual para um grupo de aprendizagem; c) uma mudança no papel dos professores como distribuidores de informações autorizadas, de uma autoridade posicional a uma autoridade experiencial na situação da aprendizagem.

De acordo com Santos e Mortimer (2002), o enfoque CTS em aulas de ciências pode ser trabalhado como elemento de motivação, tornando as aulas mais

interessantes. A abordagem pode ser desenvolvida tanto eventualmente nos conteúdos programáticos do ensino tradicional, sendo incorporados tópicos acrescidos de pequenos estudos, como também ser o foco principal do currículo. Nesse caso, uma questão tecnológica ou sociocientífica relevante, seria abordada em sala de aula e o conteúdo relevante de ciência seria trabalhada para o entendimento da determinada tecnologia ou temática, e não vista de forma sistêmica como é de costume. Para Bazzo (2003), os estudos CTS podem ser agrupados em 3 modalidades para serem implementados na educação:

- a) **Projetos através de “Enxertos” CTS.** Essa modalidade consiste na inserção dos temas CTS no currículo educacional sem que ocorra alteração na sua estrutura. Como exemplo podemos citar o projeto implementado na Inglaterra SATIS (*Science And Technology In Society*), no qual temas como “A física e a cozinha”, “220V podem matar” e “A chuva ácida”, são trabalhados.
- b) **Projetos por meio de um enfoque CTS.** O enfoque CTS é fundamental para o desenvolvimento da ciência. Nesta modalidade se encaixa o projeto holandês PLON (*Dutch physics curriculum development project*), no qual um curso de física de uma escola secundária trabalha questões sociais e tecnológicas centradas nos interesses dos alunos: Radiação Ionizante, Pontes, Fontes de Luz.
- c) **Programas CTS puros.** Projetos aplicados na Inglaterra como o SISCON (*Studies in a Social Context*), dão ênfase maior às questões tecnológicas, deixando o conhecimento científico em segundo plano.

Os materiais desenvolvidos com enfoque CTS devem potencializar a responsabilidade social nos alunos; contemplar a relação ciência-tecnologia-sociedade; abranger diversos pontos de vista sobre um tema; incentivar os estudantes à tomada de decisões para solução de problemas e buscar a capacidade de compreensão e manipulação das ciências com um propósito nobre. E para isso, devemos sempre ter em vista se esses materiais se encaixam em suas realidades, se os motivam e se são relevantes para suas vidas (IGLESIA, 1997).

Ainda, de acordo com Iglesia (1997), para que tenhamos sucesso na produção desses materiais e em sua aplicação, há de se considerar a formação adequada dos

professores para realizar tais trabalhos, ajudando-os a conhecer suas crenças e valores sobre os estudos CTS. E, para isso, o professor deve ser capaz de conhecer as diversas modalidades de integração do modelo CTS no currículo escolar, possibilitando a sua real implementação; avaliar os materiais curriculares já utilizados, a fim de potencializá-los; produzir atividades e materiais dentro da nova perspectiva e sempre reavaliar o processo. Para Mortimer e Santos (2002):

[...] a reforma curricular atual do ensino médio depende de um processo de formação continuada de professores para que não se torne letra morta na legislação. Como desenvolver novos modelos curriculares sem envolver aqueles que irão aplicar tais modelos? Não adianta apenas inserir temas sociais no currículo, sem qualquer mudança significativa na prática e nas concepções pedagógicas. Não basta as editoras de livros didáticos incluírem em seus livros temas sociais, ou disseminarem os chamados paradidáticos. Sem uma compreensão do papel social do ensino de ciências, podemos incorrer no erro da simples maquiagem dos currículos atuais com pitadas de aplicação das ciências à sociedade.

Na próxima seção, discutiremos o enfoque CTS na educação brasileira e nas políticas curriculares atuais.

### **1.1.2 Enfoque CTS na educação brasileira**

Como implementar estudos CTS em um país que se espelha em modelos sociais de países capitalistas centrais? Não seriam esses os berços dos movimentos CTS, cujas sociedades aspiravam mais ética, transparência e envolvimento político no que diz respeito ao uso desenfreado e irresponsável da ciência e da tecnologia? Além disso, como conscientizar educadores que vivem em um país que não passou historicamente por uma evolução científico-tecnológico, da importância de se abordar temas dessa natureza?

Temos aspectos peculiares ao contexto brasileiro, decorrentes, em grande parte, do nosso passado colonial e da nossa posição nas relações econômicas internacionais. [...] Sem postular um determinismo histórico, porém admitindo que os condicionamentos históricos devem ter deixado marcas no pensar dos professores brasileiros, a pretensão de implementar o movimento/enfoque CTS no contexto educacional brasileiro coloca questões como: qual a compreensão dos professores de Ciências sobre as interações entre ciência, tecnologia e sociedade? Quais são suas crenças, suas concepções de progresso? Os professores associam linearmente progresso com inovações tecnológicas, supostamente neutras? O processo histórico vivenciado não teria contribuído para que parcela significativa dos professores endossem uma perspectiva tecnocrática, concepção que inviabiliza o movimento CTS? (AULLER & BAZZO, 2001).

Estes questionamentos nos fazem refletir e nos ajudam a enfrentar os desafios para se implementar práticas pedagógicas com enfoque CTS nos currículos tradicionais ainda existentes no Brasil.

Apesar das amenidades, desde a década de 1970, os currículos de ciências no Brasil já começaram à incorporar contextos políticos, econômicos e sociais. Desde então, houve um aumento no interesse em um ensino que pudesse dar uma contribuição significativa para a compreensão desses temas (STRIEDER, 2012).

Analisando alguns documentos que representam políticas públicas referentes às reformas educacionais do ensino médio no Brasil, podemos notar em algum deles a presença do enfoque CTS. Como exemplo, temos as Diretrizes Curriculares do Ensino Médio de 1998 (BRASIL, 1998). Nesse documento, é notória a preocupação em se trabalhar o conhecimento prévio e concepções espontâneas trazidas pelos alunos, almejando um conhecimento científico e social que o torne um cidadão ativo, conhecedor de sua realidade e consciente de seus atos. Nele também, encontramos a preocupação com a evolução da escola:

A escola, face às exigências da Educação Básica, precisa ser reinventada: priorizar processos capazes de gerar sujeitos inventivos, participativos, cooperativos, preparados para diversificadas inserções sociais, políticas, culturais, laborais e, ao mesmo tempo, capazes de intervir e problematizar as formas de produção e de vida. A escola tem, diante de si, o desafio de sua própria recriação, pois tudo que a ela se refere constitui-se como invenção: os rituais escolares são invenções de um determinado contexto sociocultural em movimento (BRASIL, 1998).

Nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), no que se referem às Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, podemos notar a preocupação com a formação do aluno num enfoque CTS:

Ao se denominar a área como sendo não só de Ciências e Matemática, mas também de suas Tecnologias, sinaliza-se claramente que, em cada uma de suas disciplinas, pretende-se promover competências e habilidades que sirvam para o exercício de intervenções e julgamentos práticos. Isto significa, por exemplo, o entendimento de equipamentos e de procedimentos técnicos, a obtenção e análise de informações, a avaliação de riscos e benefícios em processos tecnológicos, de um significado amplo para a cidadania e também para a vida profissional.

Com esta compreensão, o aprendizado deve contribuir não só para o conhecimento técnico, mas também para uma cultura mais ampla, desenvolvendo meios para a interpretação de fatos naturais, a compreensão de procedimentos e equipamentos do cotidiano social e profissional, assim

como para a articulação de uma visão do mundo natural e social (BRASIL, 1996).

Quanto à Matriz de Referência do Enem 2016, mesmo não fazendo menção direta aos estudos CTS, verifica-se a preocupação com questões ligadas a essa perspectiva educacional:

Competência de área 1 - Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.

Competência de área 2 - Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.

Competência de área 3 - Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e a instrumentos ou ações científico-tecnológicas. (BRASIL, 2016 a, p. 8).

No que concerne à abordagem CTS, observamos sua presença na proposta curricular da BNCC (Base Nacional Comum Curricular). Quanto ao ensino fundamental, o documento se compromete, no que diz respeito à área de Ciências da Natureza, com o desenvolvimento do letramento científico (envolvendo a capacidade de compreensão e de interpretação do mundo natural, social e tecnológico) do estudante, possibilitando-o realizar escolhas e intervenções conscientes e pautadas nos princípios da sustentabilidade e do bem comum. Destacamos algumas habilidades apresentadas pela BNCC referentes ao ensino fundamental e médio, que remetem ao enfoque CTS:

Quadro 1: Habilidades apresentadas na BNCC que remetem ao enfoque CTS

<b>Habilidades</b>
(EF05CI05) Construir propostas coletivas para um consumo mais consciente e criar soluções tecnológicas para o descarte adequado e a reutilização ou reciclagem de materiais consumidos na escola e/ou na vida cotidiana.
(EF07CI05) Discutir o uso de diferentes tipos de combustível e máquinas térmicas ao longo do tempo, para avaliar avanços, questões econômicas e problemas socioambientais causados pela produção e uso desses materiais e máquinas.

(EF07CI06) Discutir e avaliar mudanças econômicas, culturais e sociais, tanto na vida cotidiana quanto no mundo do trabalho, decorrentes do desenvolvimento de novos materiais e tecnologias (como automação e informatização).
(EF07CI11) Analisar historicamente o uso da tecnologia, incluindo a digital, nas diferentes dimensões da vida humana, considerando indicadores ambientais e de qualidade de vida.
(EF09CI07) Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica (raio X, ultrassom, ressonância nuclear magnética) e no tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia óptica a laser, infravermelho, ultravioleta etc.).
(EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica.
(EM13CNT308) Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.
(EM13CNT309) Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual em relação aos recursos não renováveis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais.

Fonte: Base Nacional Curricular (2017)

Concordamos com Macedo (2014, p.1549) quando considera que a Base Nacional Comum Curricular da forma como foi desenvolvida e promulgada estabelece “a construção de uma nova arquitetura de regulação e de que, nela, os sentidos hegemônicos para educação de qualidade estão relacionados à possibilidade de controle do que será ensinado e aprendido”. Entretanto, a área de ciências da natureza no documento assume uma perspectiva de educação científica problematizadora e emancipatória dos sujeitos (o que mostra a contradição dentro do próprio documento), por articularem como eixos estruturantes das proposições curriculares a alfabetização científica (entendida por nós como a capacidade de

compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências); abordagem investigativa (que busca promover o protagonismo dos estudantes na aprendizagem e aplicação de processos, práticas sociais típicas da cultura científica escolar) e a contextualização (contextualização histórica, cultural, social, tecnológica, cotidiana, CTS da ciência).

Diante dos estudos e análises desses documentos e compreendendo a importância de se trabalhar ciência e tecnologia juntamente com as questões sociais envolvidas, a pesquisa que será apresentada neste trabalho, visa por meio do enfoque CTS, desenvolver habilidades e competências no aluno participante, contribuindo em sua formação educacional.

## 1.2 O Ensino por Investigação

De geração para geração a sociedade sofre mudanças significativas e como é de se esperar, a educação passa também por esse processo. Com o avanço da tecnologia e da informação, o conhecimento produzido aumentou exponencialmente e é praticamente impossível uma pessoa saber tudo sobre todas as coisas. Mediante essa realidade, é necessário se preocupar com a forma de como o conhecimento é obtido (sem esquecer do próprio conteúdo), se preocupando mais com a qualidade do que com a quantidade de conhecimento (CARVALHO, 2013).

O distanciamento da ciência vista em sala de aula das ciências é um problema que todos nós professores da educação científica temos que enfrentar na tentativa de mudar essa realidade. Esse distanciamento é percebido em aulas que supervalorizam a resolução de problemas algébricos em detrimento do diálogo e da compreensão sobre assuntos de relevância científica e social. Munford e Lima (2007, p.94) apontam as diferenças entre a ciência escolar e a ciência acadêmica:

É inegável que a ciência, nesses dois contextos, assume papéis e objetivos distintos. O principal objetivo da escola é promover a aprendizagem de um conhecimento científico já consolidado, enquanto, por outro lado, o principal objetivo da ciência acadêmica é produzir novos conhecimentos científicos. [...] Os cientistas contam com aportes tecnológicos e materiais em geral, mais avançados, como equipamentos sofisticados, instalações apropriadas, bibliotecas com acervo especializado etc. São mais qualificados e contam com uma equipe mais especializada [...]  
[...] Nas escolas, ao contrário disso, contamos com uma infra-estrutura bem mais limitada para realizar investigações e trabalhamos com uma “equipe”

pouco experiente nesse tipo de trabalho, além de apresentarem domínio limitado de teorias e estudos no campo.

Tentando fugir de uma aula centrada no professor (no qual seu discurso assume caráter de autoridade a todo momento) e de alunos que se limitam apenas a copiar do quadro, o ensino por investigação constitui uma importante abordagem de ensino de modo que, por meio dela, podemos realizar mudanças nas quais alunos e professores são inseridos diretamente em uma relação na qual compartilham a responsabilidade pela construção do conhecimento científico (MAUÉS E LIMA, 2006, SÁ *et al.* 2007; COELHO e AMBRÓZIO, 2019). O professor precisa criar condições para que seus alunos tenham oportunidades de pensar sobre os conceitos científicos, construir argumentações de uma forma coletiva e serem capazes de criticar e apontar possíveis soluções para os problemas apresentados (CARVALHO, 2018). Contribuindo nessa discussão, Sasseron (2015, p.58) considera que:

[...] o ensino por investigação extravasa o âmbito de uma metodologia de ensino apropriada apenas a certos conteúdos e temas, podendo ser colocada em prática nas mais distintas aulas, sob as mais diversas formas e para os diferentes conteúdos. Denota a intenção do professor em possibilitar o papel ativo de seu aluno na construção de entendimento sobre os conhecimentos científicos. Por esse motivo, caracteriza-se por ser uma forma de trabalho que o professor utiliza na intenção de fazer com que a turma se engaje com as discussões e, ao mesmo tempo em que travam contato com fenômenos naturais, pela busca de resolução de um problema, exercitam práticas e raciocínios de comparação, análise e avaliação bastante utilizadas na prática científica.

Para entendermos melhor como essa abordagem de ensino foi se constituindo no campo da educação, Deboer (2006), citado por Sá *et al.* (2011), relata que as primeiras atividades de caráter investigativas em sala de aula se deram no século XIX, na qual cientistas tanto nos EUA quanto na Europa passaram a ter uma participação maior na elaboração dos currículos escolares. Esse novo currículo deveria contemplar um ensino de ciências baseado em investigações científicas. Nesse currículo, os alunos deveriam ter o máximo de liberdade para explorar seus conhecimentos, colocando os conceitos científicos à prova, sendo capazes de buscar soluções para questões apresentadas.

No início do século XX, de acordo com os estudos apresentados por Sá *et al.* (2011), o ensino de ciências era duramente criticado por ser essencialmente um “transmissor de informações” e que os processos e métodos utilizados nas ciências

deveriam ser abordados em sala de aula. Nesse mesmo tempo, enquanto os cientistas reformulavam o ensino de ciências com foco na investigação, historiadores e filósofos das ciências buscavam entender a natureza da investigação. Podemos perceber tais mudanças de pensamentos nas falas dos autores:

O foco, por essa razão, teria deixado de recair sobre o que nós sabemos e quais métodos usamos; para se concentrar em como nós sabemos o que sabemos e por que acreditamos mais em certas afirmações que em outras concorrentes. A mudança correlata no currículo e nos objetivos da educação escolar teria consistido em substituir a pergunta sobre o que nós queremos que os estudantes saibam e o que eles precisam para sabê-lo; por outra: o que nós queremos que os estudantes sejam capazes de fazer e como eles precisam agir para adquirir essas capacidades (SA *et al.*, 2011, p. 82).

O Ensino por Investigação vai muito além da mudança na elaboração de uma aula. Tem que ocorrer uma transformação na prática do professor, nos materiais desenvolvidos e aplicados por ele, no comportamento dos alunos em sala de aula, ou seja, todos os envolvidos no processo deverão se comprometer e realizar um trabalho coletivo.

### **1.2.1 Atividades Investigativas**

Elaborar uma aula/atividade que leve o aluno a pensar, questionar, debater e elaborar hipóteses sobre os temas abordados, é uma tarefa difícil mas essencial no Ensino por Investigação. Essas atividades precisam ser acompanhadas de situações problematizadoras que façam com que os alunos deixem de ser meramente observadores e, com suporte necessário do professor, passem a ter verdadeiras características de atividades científicas. Azevedo (2004) citando Carvalho (1995) diz que:

É preciso que sejam realizadas diferentes atividades, que devem estar acompanhadas de situações problematizadoras, questionadoras e de diálogo, envolvendo a resolução de problemas e levando à introdução de conceitos para que os alunos possam construir seu conhecimento (AZEVEDO, 2004, p. 20).

Ao se planejar uma atividade investigativa devemos nos preocupar se realmente ela possui essa natureza, causando uma mudança significativa no comportamento do aluno em sala de aula. Por meio dessas atividades, os alunos

deverão se sentir desafiados e motivados a questionar mais as “verdades ditas pelo professor”, selecionar ideias e teorias para interpretar resultados (LEWIN & LOMASCÓLO, 1998).

A maneira como apresentamos e aplicamos essas atividades em sala de aula, ou seja, a abordagem que usamos, se torna tão importante quanto o próprio conteúdo a ser aprendido. Portanto é preciso tomar cuidado para que se entenda a verdadeira essência das atividades investigativas. Elas não se limitam apenas às atividades práticas de laboratório ou apenas à aplicação de questões “abertas”. Tanto as atividades experimentais quanto as leituras trabalhadas devem ser igualmente investigativas (MUNFORD; LIMA, 2007).

Um tema deve ser apresentado aos alunos na forma de uma situação-problema, na qual através de diálogos, debates e elaboração de hipóteses, possam chegar a sua solução. Dessa forma, estaremos não só contribuindo para a aprendizagem de conceitos e teorias, mas também proporcionando mudanças de atitudes, valores e ações. Dessa forma o aluno passa a participar diretamente do seu processo de aprendizagem, construindo sua própria autonomia (AZEVEDO, 2004).

Para Gil e Castro (1996), o ensino por investigação auxilia na compreensão de conceitos científicos na medida que potencializam ações que também são trabalhadas em atividades científicas. Dentre elas podemos citar a apresentação de situações problemáticas abertas; o favorecimento à reflexão dos estudantes sobre a relevância e o possível interesse das situações propostas; potencializar análises qualitativas significativas que ajudam na compreensão das situações planejadas; ressaltar a dimensão coletiva do trabalho científico, entre outras.

De acordo com estudos feitos por Sá *et al.* (2007), coordenadores e tutores de um curso de especialização à distância sobre ensino de ciências por investigação, apontam que as atividades consideradas investigativas devem ter características apresentadas abaixo:

Quadro 2: Resumo das características das atividades investigativas

<b>Características das atividades investigativas</b>	<b>Comentários sobre as características</b>
<b>Construir problema</b>	O problema formulado deve instigar e orientar o trabalho do aluno e do professor com o aluno. No caso de uma situação problema ser apresentada pelo professor é importante que ela seja reconhecida como problema pelos alunos, o que implica criar

	oportunidades para que eles explorem as idéias que têm, confrontem suas idéias com outras novas, duvidem, questionem e se engajem na busca de uma resposta para a situação-problema.
<b>Valorizar o debate e a argumentação</b>	Se existe um problema autêntico, provavelmente, existe uma diversidade de pontos de vista sobre como abordá-lo ou resolvê-lo. Por isso, é natural que uma situação-problema desencadeie debates e discussões entre os estudantes. Temos evidências que as ações de linguagem produzidas nessas circunstâncias envolvem afetivamente os estudantes.
<b>Propiciar a obtenção e a avaliação de evidências</b>	O termo evidências refere-se ao conjunto de observações e inferências que supostamente dão sustentação a uma determinada proposição ou enunciado (Paula, 2004a). Processos de experimentação e observação controlada normalmente são dirigidos à busca e à avaliação de evidências. As atividades de investigação conduzem a resultados que precisam ser sustentados por evidências. Tais evidências devem sobreviver às críticas.
<b>Aplicar e avaliar teorias científicas</b>	POZO & GOMEZ CRESPO (1999) realizam uma síntese das pesquisas sobre concepções alternativas dos estudantes e de suas diferenças epistemológicas em relação às teorias científicas. Uma dessas diferenças diz respeito ao caráter mais abstrato, formal e logicamente coerente das teorias científicas em relação às teorias de senso comum. A apropriação do conhecimento científico pelos estudantes depende da criação de situações em que esse conhecimento possa ser aplicado e avaliado na solução de problemas. Essas situações são criadas em atividades de investigação.
<b>Permitir múltiplas interpretações</b>	Quando formulamos um problema temos uma expectativa inicial que pode ser negada ou confirmada mediante a obtenção da resposta. Nossas expectativas ou hipóteses desempenham um papel muito importante em atividades de investigação, pois, dirigem toda a nossa atenção, fazendo com que observemos e consideremos determinados aspectos da realidade enquanto ignoramos outros (Paula, 2004b). A diversidade de perspectivas e expectativas que podem ser mobilizadas em uma atividade de investigação permite múltiplas interpretações de um mesmo fenômeno e o processo de produção de consensos e negociação de sentidos e significados dá lugar a uma apropriação mais crítica e estruturada dos conhecimentos da ciência escolar.

Fonte: SÁ *et al.* (2007, p. 09)

Dessa forma os alunos terão a oportunidade de aprender a questionar, investigar e se comunicar a ponto de evoluir seu pensamento crítico. Tornar-se capaz de solucionar problemas, compreendendo melhor a relação ciência-tecnologia-sociedade, é um atributo importante que as atividades investigativas oferecem para a sua formação científica.

### **1.2.2 A postura pedagógica do professor no Ensino por Investigação**

Renovar o currículo escolar buscando melhorias no ensino vai muito além das mudanças de diretrizes nos documentos institucionais. Para que os objetivos saiam do papel e se tornem realidade é preciso que haja conscientização na melhoria da formação inicial e continuada do professor. E como os professores vão se qualificar para as “novas escolas”? De acordo com Carvalho (2002), é necessário que o professor realize mudanças na sua forma de ensinar. Ele precisa modificar o ambiente de ensino, conscientizando-se do novo contexto que a educação se encontra, exercendo um novo papel em sala de aula. E para isso é necessário que ele participe de cursos que promovam atividades pedagógicas renovadoras.

Esse novo professor deverá saber muito mais do que o conteúdo a ser passado. Ele deve ser tornar questionador, acompanhando de perto as discussões surgidas entre os alunos, estimulando e desafiando-os sempre que possível para tirá-los da inércia que muitos se encontram. Azevedo (2004) citando Carvalho (1998) diz que:

É o professor que propõe problemas a serem resolvidos, que irão gerar idéias que, sendo discutidas, permitirão a ampliação dos conhecimentos prévios; promove oportunidades para a reflexão, indo além das atividades puramente práticas; estabelece métodos de trabalho colaborativo e um ambiente na sala de aula em que todas as idéias são respeitadas (AZEVEDO, 2004, p.25).

O professor poderá utilizar o auxílio de qualquer recurso didático, desde que ele consiga fazer o aluno resolver um problema proposto através da interação com seus colegas e/ou com os recursos materiais que estejam à sua disposição. Esses problemas devem ser de um nível que os alunos tenham condições para solucioná-los explicando os fenômenos envolvidos (CARVALHO, 2018), e o professor durante esse processo deve valorizar sempre as pequenas ações de seus alunos, nunca dando respostas imediatas, dizendo se está certo ou errado, mas tentando conduzi-los a um resultado plausível cientificamente. Os erros, as hipóteses equivocadas e conhecimentos prévios errôneos, fazem parte do processo de evolução e devem ser respeitados/valorizados (SASSERON, 2015).

O professor deve ser um parceiro nesse processo de construção do conhecimento, guiando e acompanhando seus alunos no levantamento de evidências, discussões e argumentações.

[...] ao conduzir atividades investigativas o professor precisa garantir um ambiente rico de trocas de modo que permita a liberdade de inventar e propor, sem que isso gere na criança um sentimento de abandono ou de impotência (MAUÉS & LIMA, 2006, p. 40).

Através de questionamentos do tipo: “Como vocês fizeram pra chegar a esse resultado?”, ou “Vocês acham que esse resultado é correto?”; o professor poderá levar o aluno à transição das ações manipulativas para as ações intelectuais, desenvolvendo suas atitudes científicas como por exemplo o levantamento de dados e construção de evidências. Dessa forma, o professor terá a oportunidade de fazer com que seus alunos recorram a teoria para explicarem suas respostas através de uma argumentação científica (CARVALHO, 2013).

Almeida (2014, p. 60-65) compartilha da mesma ideia ao ressaltar que:

É importante que o professor saiba estimular a conversação e orientar os alunos, através de novos questionamentos para que juntos construam conhecimento científico acerca do conceito estudado. [...] ao fazer esta intervenção o professor deve avaliar o que está sendo dito pelo aluno para poder encontrar a melhor maneira de encaminhar a discussão, de forma que o conceito científico possa ser aprendido pelo estudante. Porém as interações em uma aula investigativa ocorrem não só entre professor-aluno, mas também entre aluno-aluno e aluno-material didático.

O professor ao assumir essa abordagem de ensino deve ter a clareza que o conteúdo a ser construído na sala de aula está associado a um processo educacional que valoriza também as atitudes, os valores e conhecimentos prévios dos alunos. Além disso ele deve ser capaz de adaptar às atividades investigativas ao currículo escolar, focando sempre na compreensão dos estudantes sobre os conceitos científicos, proporcionando debates e avaliando a construção de seus conhecimentos, sendo um verdadeiro gerenciador de sala de aula no que diz respeito ao planejamento, aplicação e avaliação dessas atividades (CARVALHO, 1998).

Enfim, o professor deve saber se reinventar e se renovar. Mas isso não significa que ele deve mudar os conteúdos do currículo escolar. Ele deve buscar novas abordagens de ensino, sempre propiciando um ambiente no qual as informações, posicionamentos e interpretações conflitantes são respeitadas (SASSERON, 2015).

### **1.2.3 O Papel do aluno no Ensino por Investigação**

O aluno passivo, copiador de matéria, é convidado a mudar sua postura quando o professor começa a trabalhar numa perspectiva investigativa em sala de aula. A mudança desse aluno não deve ser apenas intelectual mas também atitudinal, no qual ele passará a desenvolver características que antes não tinha. Ele deverá passar a agir, questionar, criar hipóteses, defender suas ideias, debater em grupo, ou seja, ser um indivíduo que participa ativamente da aula, construindo junto com o professor seu conhecimento (AZEVEDO 2004).

Uma das principais dificuldades que o professor encontra ao trabalhar atividades investigativas em sala de aula é a timidez do seu aluno. Muitos têm receio de participar e serem recriminados. A preocupação de sofrer algum tipo de *bullying* acaba afetando o seu processo de aprendizado.

O aluno investigador deve estar sempre interessado a participar das aulas, sentindo-se desafiado e motivado a solucionar os problemas propostos, através de uma análise do conhecimento prévio que possui com os conceitos científicos abordados no tema. Entretanto sabemos que nem todos os alunos estarão motivados previamente para essas atividades, principalmente se tratarem de assuntos complexos (SASSERON, 2015). Contudo, cabe ao professor elaborar uma aula que consiga chamar a atenção sobre por exemplo, um problema relevante que afeta diretamente a sociedade, a ponto de criar uma comoção na turma. Nessa perspectiva, o enfoque CTS ajuda a criar esse cenário, no qual os alunos devem compreender a importância do tema e o impacto que seu estudo irá provocar em suas vidas.

É normal que os estudantes cometam “erros” durante o processo de ensino-aprendizagem. Seria perfeito se em uma aula, vários alunos errassem durante os questionamentos colocados pelo professor. Tendo em vista que esse erro reflete um pensamento construído baseado num modelo não científico, o aluno deve fazer do seu erro uma oportunidade de aprendizado (AZEVEDO, 2004). Ele não pode esperar respostas prontas e nem deve se sentir frustrado ou desconfiar do seu professor caso não obtenha respostas imediatas. O aluno investigador deve através das interações com seus colegas de sala e dos materiais disponibilizados, promover discussões sobre os temas apresentados numa ajuda mútua, no qual ele possa questionar ou complementar a ideia proposta pelo colega, compondo teorias que devam ser debatidas e verificadas, na qual todas as opiniões e comentários devam ser valorizados. E para que o foco não seja perdido, o professor deve mediar essas ações,

para que eles possam entender que o conhecimento será construído de forma conjunta (SASSERON, 2015).

O aluno nessa pesquisa é colocado no centro do processo de aprendizagem, sendo constantemente estimulando a pensar sobre o tema e levado a se comunicar com os seus colegas para que tenha oportunidade de construir argumentos e hipóteses que o leve a defender sua teoria ou entender que ela não está completa, desenvolvendo habilidades e competências antes não trabalhadas (AZEVEDO, 2004).

Tanto o professor quanto o aluno tem o seu papel no ensino por investigação. Mas fica evidente que nessa abordagem, não se pode desvincular professor e aluno do processo de construção de conhecimentos na sala de aula e do desenvolvimento de práticas científicas. Eles partilham juntos, a responsabilidade pela construção de conhecimento. É certo que o professor deve potencializar o desenvolvimento da autonomia dos alunos nesse processo, mas ao conceber o ensino por investigação como uma postura pedagógica, e não apenas como um método aplicado, destacamos que a mediação do professor nesse processo, potencializa o desenvolvimento não apenas de conceitos, mas também de atitudes e procedimentos (BARCELLOS, *et al.* 2019).

### **1.3 Teorizando sobre Radiação**

Na preparação da sequência de ensino que será apresentada neste trabalho e desenvolvida com os estudantes, verificamos a necessidade de fazer um estudo de revisão teórica sobre alguns conceitos da radiação. Diversos trabalhos acadêmicos desenvolvidos no MNPEF, destacando Souza (2019) e Silva (2018), evidenciam a importância de se discutir este tema na educação básica.

Lembramos ao leitor que este texto foi produzido pensando em alunos da 1ª série do ensino médio, e que um estudo mais aprofundado dos conceitos abordados poderá ser realizado de acordo com o público alvo que escolherem.

#### **1.3.1 Radiação**

Considerada uma forma de energia em trânsito, a radiação é formada por partículas atômicas ou subatômicas energéticas (partículas  $\alpha$  e  $\beta$ , prótons, elétrons,

pósitrons, nêutrons, entre outras), denominadas radiações corpusculares, e as ondas eletromagnéticas (como os raios x, ultravioleta, micro-ondas, etc.) também chamadas de radiação eletromagnética (OKUNO e YOSHIMURA, 2010).

As radiações corpusculares podem ser emitidas por núcleos instáveis de átomos e, por esse motivo, são chamadas de radiações nucleares. Já as radiações eletromagnéticas, são produzidas por meio de variações de campos elétrico e magnético perpendiculares entre si, formando as chamadas ondas eletromagnéticas. Elas se propagam no vácuo a uma velocidade  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ , no qual  $c$  é a representação da velocidade das ondas eletromagnéticas neste meio (OKUNO e YOSHIMURA, 2010).

### **1.3.2 A radiação eletromagnética**

Os raios X e raios gama, são exemplos de ondas eletromagnéticas produzidas por fontes de dimensões atômicas ou nucleares. Ondas eletromagnéticas produzidas por fontes macroscópicas, como as ondas de rádio, são formadas por osciladores LC ligados à fontes de alimentação, gerando correntes senoidais em antenas transmissoras (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2009). Apesar dessas ondas eletromagnéticas serem produzidas por fontes distintas, elas transportam uma energia que é diretamente proporcional à sua frequência. Esta relação foi proposta por Albert Einstein, que se baseou no conceito de quantização de Max Planck (OKUNO e YOSHIMURA, 2010).

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

no qual  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$  (constante de Planck) e  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$  (velocidade das ondas eletromagnéticas no vácuo).

De acordo com a frequência dessas ondas, elas recebem denominações diferentes. Dessa forma, apresentamos abaixo o espectro eletromagnético, que traz essas denominações de acordo com as frequências  $f$ , comprimentos de onda  $\lambda$  e energias  $E$  características.



Figura 1: Espectro da radiação eletromagnética. Fonte: Okuno e Yoshimura (2010).

Analisando o espectro eletromagnético, pode-se cometer um equívoco ao tentar relacionar exclusivamente a quantidade de energia transportada por cada radiação com o seu “poder de penetração” em um dado meio. Okuno e Yoshimura (2010, p.14) nos mostram que:

[...] a penetração ou transmissão de um dado material não é função monotonicamente crescente ou decrescente com a frequência da onda eletromagnética. Quando a absorção é grande, é porque a probabilidade de interação é grande e, em razão disso, a transmissão é pequena. [...] Nosso corpo absorve radiação eletromagnética de todo espectro diferentemente em forma e grau. As células do corpo respondem de forma diferente à radiação eletromagnética de uma determinada faixa do espectro.

Compreendemos este posicionamento, ao compararmos a porcentagem de penetração da radiação ultravioleta na pele com os intervalos espectrais dessa radiação.

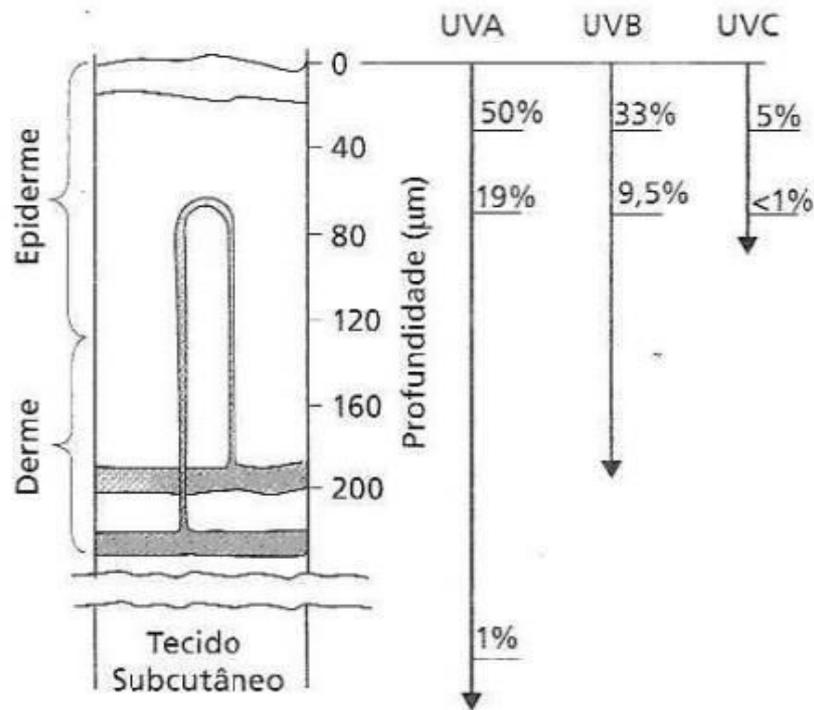


Figura 2: Porcentagem de penetração da radiação ultravioleta na pele. Fonte: Okuno e Yoshimura (2010)

Quadro 3: Faixa do ultravioleta em UVC, UVB e UVA

Nome	Intervalo espectral (Hz)	Características
UVC	$1,07 \times 10^{15} - 3 \times 10^{15}$	Completamente absorvida pela atmosfera, não consegue atingir a superfície terrestre.
UVB	$9,38 \times 10^{14} - 1,07 \times 10^{15}$	Fortemente absorvida pela atmosfera, seu excesso é prejudicial à saúde da pele, causando queimaduras à curto prazo, podendo ser desenvolvido doenças como câncer à longo prazo.
UVA	$7,5 \times 10^{14} - 9,38 \times 10^{14}$	Sofre pouca absorção da atmosfera. É importante para sintetização da vitamina D no organismo, porém seu excesso causa queimaduras e a longo prazo, causa o envelhecimento precoce da pele.

Fonte: <http://satelite.cptec.inpe.br/uv/R-UV.html> adaptado pelo autor.

### 1.3.3 Propriedades do núcleo

A maioria dos núcleos atômicos contém dois tipos de partículas: os prótons e nêutrons, que possuem aproximadamente a mesma massa. O próton possui carga elétrica  $+e$  e o nêutron não tem carga elétrica. Chamamos de número atômico  $Z$  o

número de prótons existentes no núcleo do átomo, que por sua vez, é eletricamente neutro por possuir uma quantidade igual de elétrons de carga  $-e$ . Os núcleons  $A$ , também conhecido como número de massa, é a soma do número de prótons com o número de nêutrons  $N$  (TIPLER, 2000). Essa relação é representada por Young e Freedman (2009, p.327) por meio da equação

$$A = Z + N$$

Um átomo caracterizado pelo número de massa  $A$  e por seu número atômico  $Z$ , é chamado de nuclídeo. Os nuclídeos são representados por  ${}^A_ZX$ , sendo  $X$  o símbolo usado para determinado elemento químico (OKUNO e YOSHIMURA, 2010). Os nuclídeos que possuem o mesmo valor de  $Z$ , mas diferentes valores de  $N$ , são denominados isótopos, e estes quando são instáveis, são denominados radioisótopos. Os radioisótopos emitem radiação até se tornarem estáveis, num processo conhecido como desintegração nuclear ou decaimento radioativo.

### **1.3.4 Decaimento radioativo**

A maioria dos nuclídeos conhecidos são instáveis (radioativos). Eles sofrem desintegrações espontâneas, transformando-se em novos nuclídeos. Nesse processo, partículas e/ou ondas eletromagnéticas são emitidas do interior desses núcleos, até que seja atingida o equilíbrio atômico (YOUNG e FREEDMAN, 2009).

Para Halliday, Resnick e Walter (2009), embora seja impossível prever quais serão os núcleos a decair, uma amostra contendo  $N$  núcleos radioativos possui uma taxa de decaimento  $-dN/dt$  proporcional a  $N$ :

$$-\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

no qual  $\lambda$  é a constante de decaimento, cujo valor é específico para cada radionuclídeo. Integrando ambos os lados da equação e considerando  $t_0 = 0$ , obtemos

$$\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = -\lambda \int_{t_0}^t dt \rightarrow \ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t$$

no qual  $N_0$  é o número de núcleos radioativos em um instante inicial arbitrário  $t_0$ . Tomando a exponencial de ambos os lados da equação, obtemos

$$\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

O número de decaimentos radioativos por segundo é denominado “taxa de decaimento” e é representado pelo símbolo  $R$ :

$$R = -\frac{dN}{dt} = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = R_0 e^{-\lambda t}$$

onde  $R_0 = \lambda N_0$  é a taxa de decaimento em  $t = 0$ .

Segundo Tipler (2000), a “vida média”  $\tau$  é o inverso da constante de decaimento, e a “meia-vida” representada pelo símbolo  $t_{1/2}$ , é o tempo necessário para que o número de núcleos radioativos e a taxa de decaimento se reduzam à metade. Fazendo  $t = t_{1/2}$  e  $N = N_0/2$ , temos

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \rightarrow \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda t_{1/2}} \rightarrow e^{\lambda t_{1/2}} = 2$$

Explicitando  $t_{1/2}$ , temos:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

A figura a seguir, mostra graficamente a relação de  $N$  em função de  $t$ :

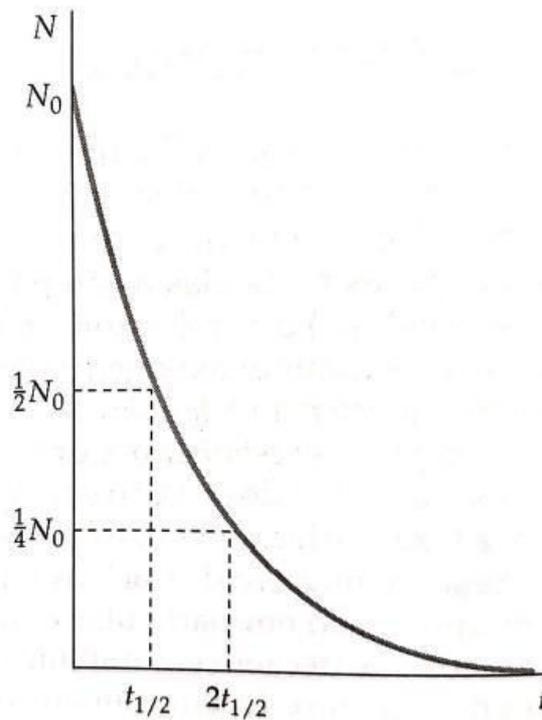


Figura 3: Decaimento exponencial de um elemento radioativo. Fonte: Tipler (2000).

Segundo Young e Freedman (2009, p.334), “A escala de tempo desses processos de decaimentos varia desde uma pequena fração de microssegundo até bilhões de anos.”

Muitos núcleos encontrados na natureza sofrem sucessivos decaimentos até atingirem a estabilidade. Este processo constitui o que chamamos de “série radioativa”. Neste trabalho, não iremos descrever equações diferenciais para estudar esses decaimentos. Limitaremos apenas a exemplificar um desses casos, por entender, que neste momento, a compreensão da radiação que é emitida ao longo desse processo nos ajudará a entender fenômenos que serão abordados durante a intervenção que será feita com os estudantes. Vemos a seguir a série radioativa do urânio-238:

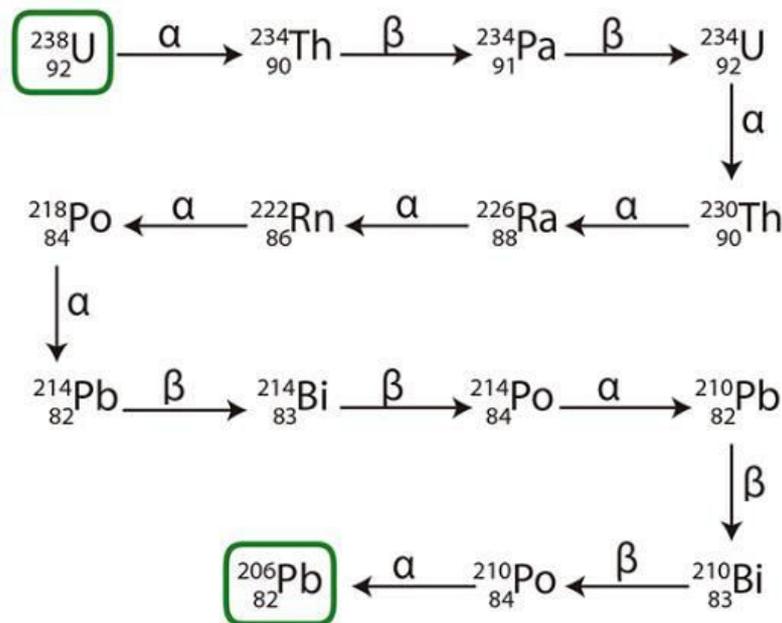


Figura 4: Série radioativa do urânio-238. Fonte: <http://www.universiaenem.com.br/sistema/faces/pagina/publica/conteudo/texto-html.xhtml?redirect=54689778263669037832023257495>

Analisando a série radioativa do urânio-238, verificamos que partículas alfa  $\alpha$  e beta  $\beta$  são emitidas do núcleo a cada transmutação ocorrida. As partículas  $\alpha$  são formadas por núcleos de hélio ( ${}^4\text{He}$ ), emitidas espontaneamente por núcleos de átomos que possuem um número atômico  $Z \geq 83$ , num processo conhecido como decaimento alfa. Já as partículas  $\beta$ , são elétrons ou pósitrons (partículas com a mesma massa do elétron e carregadas positivamente), também sendo emitidas espontaneamente de núcleos radioativos, num processo denominado decaimento beta.

Essas duas radiações corpusculares são facilmente blindadas. As partículas  $\alpha$  por exemplo, são facilmente blindadas pela pele, sendo a probabilidade de atravessá-la quase nula. Mas se de alguma forma essa radiação for inalada (tipo o gás radônio que encontramos na série do urânio-238), essas partículas irão causar ionizações nos átomos dos brônquios e alvéolos pulmonares, trazendo grandes danos à saúde (OKUNO e YOSHIMURA, 2010).

### 1.3.5 Radiação ionizante e seus efeitos biológicos

Como já foi citado anteriormente, a neutralidade elétrica se deve ao fato da igualdade do número de cargas positivas (prótons) e negativas (elétrons) dos átomos.

Quando este ganha ou perde elétrons, dizemos que ele se transformou em um íon, e as radiações capazes desse feito são chamadas de radiações ionizantes (OKUNO e YOSHIMURA, 2010). Para Yoshimura (2009, p.57):

Radiação ionizante [...] é qualquer radiação, com ou sem massa de repouso, que pode remover elétrons de átomos e moléculas. O conjunto das radiações ionizantes usualmente estudadas compreende:

- i. radiação eletromagnética com energia de fóton acima de 12 eV, que recebe várias denominações de acordo com a origem [...]
- ii. partículas eletricamente carregadas e que possuem energia cinética bem maior que a energia térmica, e superior a energias de ligação de elétrons atômicos, chamadas Partículas Carregadas Rápidas.
- iii. nêutrons livres com qualquer energia cinética e de qualquer origem.

As partículas alfa e beta mencionadas anteriormente, possuem energia suficiente para ionizar os átomos que se encontram em sua trajetória. Este processo ocorre até que eles percam toda a sua energia. Dentro do espectro eletromagnético, apenas os raios X e gama são considerados radiações ionizantes, nos quais os fótons dessas radiações (diferentemente das partículas carregadas) perdem toda a sua energia numa única interação (OKUNO, 2013). Para a autora, a ionização gerada nos átomos pelas radiações ionizantes, causam desestabilização nas moléculas do nosso corpo, resultando desde a formação de radicais livres (no qual ocorre a interação da radiação com as moléculas de água) que prejudicam moléculas importantes do nosso organismo, até na interação com o DNA, provocando mutações genéticas e na morte de células.

### **1.3.6 Os raios X**

Classificada como ionizante, esta radiação eletromagnética pode ser produzida por meio de colisões de elétrons a um alvo, nos quais perdendo energia cinética (ao serem freados por núcleos dos átomos desse alvo), emitem um fóton de raio X. Na figura abaixo, vemos um dispositivo simplificado usado para produção dessa radiação (OKUNO e YOSHIMURA, 2010).

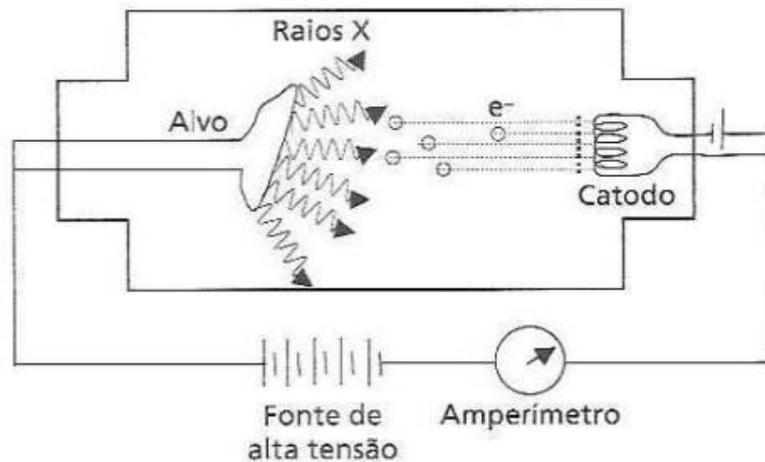


Figura 5: Diagrama simplificado de um tubo de raios X. Fonte: Okuno e Yoshimura (2010).

Os raios X produzidos desta forma são chamados de radiação de freamento e os fótons gerados neste processo podem chegar a valores máximos  $E_{máx}$  equivalentes às energias cinéticas  $E_c$  dos elétrons que atingiram o alvo.

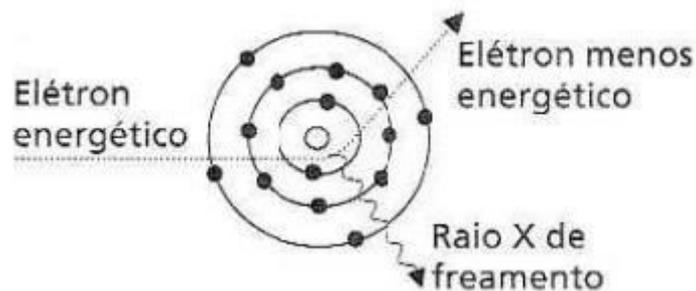


Figura 6: Processo de geração de um fóton de raio X de freamento. Fonte: Okuno e Yoshimura (2010).

Esta energia pode ser descrita como vemos abaixo:

$$E_c (\text{elétrons}) = eV = E_{máx} (\text{fótons}) = hf_{máx} = \frac{hc}{\lambda_{mín}}$$

no qual  $e$  é a carga do elétron e  $V$  é a diferença de potencial aplicada para emissão deste elétron. A frequência  $f$  e o comprimento de onda  $\lambda$ , são característicos da radiação X produzida.

A vasta aplicação do raios X, nas áreas da medicina, engenharia, agricultura e segurança, serão discutidas durante o desenvolvimento deste trabalho.

## **Capítulo 2 – Procedimentos Metodológicos**

Esta seção apresenta os objetivos estabelecidos à pesquisa e aos aspectos relacionados à intervenção realizada, como: a estrutura e validação da SECTS, o contexto da intervenção e da pesquisa, a pesquisa-intervenção como delineamento metodológico e o processo de produção e análise dos dados.

### **2.1 Objetivos da Pesquisa**

O objetivo geral deste trabalho é analisar o processo de construção de conhecimentos científicos dos estudantes da 1ª série do ensino médio, sobre os benefícios e riscos das radiações com enfoque CTS articulado à perspectiva investigativa.

Como objetivos específicos, estabelecemos:

- a. Desenvolver e validar uma sequência de ensino com enfoque CTS articulada à perspectiva investigativa, sobre os benefícios e riscos das radiações.
- b. Identificar os conceitos estruturados pelos estudantes em relação ao tema radiação.
- c. Identificar os conteúdos atitudinal e procedimental dos estudantes durante o desenvolvimento da intervenção de relevância sociocientífica.

### **2.2 O contexto da intervenção e da pesquisa**

A intervenção educacional ocorreu com os alunos da 1ª série do ensino médio de forma proposital, mesmo abordando temas da física que ainda não foram estudados por eles. Desta forma entendemos que, ao começarmos a familiarizar assuntos que serão trabalhados nas séries seguintes, os alunos poderão ter uma possibilidade de ampliar a compreensão sobre a temática na medida em que forem tendo acessos a esses conhecimentos.

Para que essa intervenção não viesse a comprometer a estrutura organizacional do currículo da escola, a intervenção pedagógica ocorreu na forma de um projeto de complementação de ensino aprovado pela direção, e foi aplicado no

contraturno com os alunos. Desta forma, tivemos uma tranquilidade e uma maior liberdade para apresentarmos temas de relevância sociocientífico que só seriam possivelmente vistos nas 2ª e 3ª séries, entendendo assim que os estudos CTS feitos nesta intervenção se aproxima da modalidade de um projeto por meio de um enfoque CTS, como é estabelecido por Bazzo (2003).

### **2.2.1 Caracterizando a escola e os participantes do estudo**

A intervenção ocorreu em uma escola técnica federal do Espírito Santo, na cidade de Cachoeiro de Itapemirim. Os alunos participantes foram admitidos no curso Técnico em Informática Integrado com o Ensino Médio por meio de um processo seletivo e cursavam a 1ª série.

Os alunos deste curso são formados para atuarem profissionalmente nas atividades de concepção, especificação, projeto, implementação, avaliação, suporte e manutenção de sistemas e de tecnologias de processamento e transmissão de dados e informações, visando a aplicação na produção de bens e conhecimentos. De acordo com o Projeto Pedagógico do Curso Técnico em Informática Integrado ao ensino médio da escola em que foi aplicada a pesquisa, o egresso deste curso será habilitado a:

1. desenvolver programas de computador, seguindo as especificações e paradigmas da lógica de programação e das linguagens de programação;
2. utilizar ambientes de desenvolvimentos de sistemas, sistemas operacionais e banco de dados;
3. realizar testes de software, mantendo registros que possibilitem análises e refinamento dos resultados;
4. executar manutenção de programas de computadores implantados.

A matriz curricular do Curso Técnico em Informática Integrado ao ensino médio está organizado em componentes curriculares, com regime seriado anual, composto de quatro períodos letivos de novecentas horas cada uma, num total de 3600 horas, estando assim organizada:

Curso Técnico em Informática							
Regime: Integrado Anual							
CH dimensionada para 36 semanas, sendo garantido os 200 dias letivos.							
Duração das aulas: 50 minutos							
	Disciplina	Ano				Totais (horas)	Carga Horária Total (horas)
		1º	2º	3º	4º		
Base Nacional Comum	Língua Portuguesa e Lit. Brasileira	3	2	2	2	270	270
	Matemática	4	2	3		270	270
	Física	4	2	2		240	240
	Química	2	2	2	2	240	240
	Biologia	3	3	2		240	240
	História	2	2	2		180	180
	Geografia		2	2	2	180	180
	Educação Física			2	3	150	150
	Filosofia/Sociologia	1	1	1	1	120	120
	Artes				2	60	60
<b>Total da Base Nacional Comum</b>						<b>0,00</b>	<b>1950</b>
Núcleo Diversificado	Língua Estrangeira (Inglês)	2	2			120,00	120
	Ética e Legislação Profissional				2	60,00	60
	Segurança Meio Ambiente e Saúde				2	60,00	60
	Informática	2				60,00	60
	Fundamentos da Computação	2				60,00	60
	Empreendedorismo				2	60,00	60
	Fundamentos Matemáticos Computacionais	2	2			120,00	120
<b>Total Núcleo Diversificado</b>						<b>540,0</b>	<b>540,0</b>
<b>Total aulas/semana (Base Comum + Diversificado)</b>		<b>27</b>	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>2490,00</b>	<b>2490,0</b>
Núcleo Profissional	Montagem e Manutenção de Sistemas Computacionais	3				90,00	90,00
	Programação I (divide 50%)		4			120,00	120,00
	Redes de Computadores (teórica no primeiro semestre depois divide 100%)		4			120,00	120,00
	Modelagem de Dados (divide 100%)		2			60,00	60,00
	Análise e Projeto de Sistemas (divide 100%)			3		90,00	90,00
	Programação II (divide 100%)			3		90,00	90,00
	Administração de Redes (divide 100%)			3		90,00	90,00
	Banco de Dados (divide 100%)			3		90,00	90,00
	Programação para WEB				3	90,00	90,00
	Aplicativos gráficos para WEB				3	90,00	90,00
	Projeto Integrador de Redes				2	60,00	60,00
	Projeto Integrador de Desenvolvimento				3	90,00	90,00
<b>Total aulas/semana Núcleo Profissional</b>		<b>3</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>1050,00</b>	

Figura 7: Imagem do Projeto Pedagógico do Curso Técnico em Informática. Fonte: IFES (2008).

Os alunos que ingressam neste curso, mesmo tendo passado por um processo seletivo, apresentam uma defasagem escolar que somada às dificuldades normais de adaptação por ingressarem no ensino médio, acabam tendo um baixo rendimento acadêmico nessa série inicial. Para Klein, A. M. (2011, p. 82):

A escola acena para seus alunos e alunas com perspectivas futuras, o que pode acarretar em uma visão do vir a ser do aluno, traduzida na ênfase dada à conquista do diploma e nos possíveis projetos de futuro. Tende-se a negar o presente vivido pelo jovem como espaço válido de formação. Dito de outra forma, a ênfase não recai sobre o significado do que a escola tem no momento presente para o jovem, ou seja, na relação que ele pode estabelecer entre o que vive dentro da escola com aquilo que vive fora dela. O sentido atribuído à escolarização, geralmente, remete os sujeitos ao futuro. Ainda que projetos se orientem para o futuro, eles são pensados e formulados no tempo presente, tendo por base experiências e oportunidades vividas e significadas no tempo presente.

Dessa forma, estando ciente dos problemas enfrentados pelos alunos na adaptação à disciplina de física da 1ª série, buscamos por meio dessa intervenção, uma forma de minimizar as dificuldades enfrentadas por eles na época, fugindo das aulas tradicionais, lecionadas unicamente através dos livros. Não que essas aulas sejam improdutivas, mas acreditamos que ao mudar o ambiente e a forma de ensinar, buscando sentido real nos conceitos abordados, discutindo e propondo soluções para os questionamentos, foi uma forma de oportunizar situações e experiências vividas logo no início do curso.

Nesta pesquisa, apresentamos a análise da intervenção pedagógica desenvolvida com o 1ª série do curso técnico em informática integrado ao ensino médio, da qual participaram 20 alunos, sendo 11 meninos e 9 meninas. Estes não tiveram ajuda de custo para frequentarem as aulas (visto que elas ocorreram no contraturno). Isto poderia ter sido um fator que comprometeria a continuidade do projeto, mas não foi um problema vivenciado na época. Porém, sugiro a relevância da análise deste quesito nas possíveis replicações desta pesquisa em outros momentos e lugares.

### **2.3 Pesquisa-Intervenção como delineamento metodológico**

Compreendendo melhor a realidade dos alunos e vendo a necessidade de mudar/innovar a maneira como estava lecionando e como os alunos estavam interagindo às aulas, a pesquisa do tipo intervenção foi a escolhida neste trabalho a fim de encurtar o distanciamento entre a realidade vivida pela sociedade e a forma como os conteúdos de física são abordados nas aulas. A prática docente, por muitas vezes, se resumem a repetições de modelos usados por outros professores e replicados sem a preocupação de se verificar o real impacto que estão produzindo

nos estudantes (DAMIANI *et al.*, 2013). Nessa mesma perspectiva, Zeichner & Diniz-Pereira (2005) nos fazem repensar sobre as práticas docentes, evidenciando os benefícios que essas mudanças acarretam na formação de outros profissionais e nas políticas educacionais.

A intervenção pedagógica se caracteriza pelo detalhamento dos procedimentos realizados durante a pesquisa, buscando avaliar seus efeitos mediante a análise dos dados coletados e da teoria fundamentada. Ela não pode ser confundida com relatos de experiências pedagógicas. Para isso, deve estar bem claro o método utilizado na intervenção e o método da análise de dados produzidos por esta. Sem a clareza sobre o que está sendo avaliado, a possibilidade da solução dos problemas propostos fica comprometida e a intervenção perde sua característica investigativa (Damiani, et al. 2013). Segundo a autora, as intervenções pedagógicas nos auxiliam a solucionar situações-problema enfrentadas em sala de aula, como o baixo nível de rendimento escolar e na melhoria dos processos de aprendizagem.

Entendendo a importância de esclarecer a diferença entre o método da intervenção aplicada e o método da análise dos dados, abordaremos primeiramente o método utilizado, no qual tentaremos expor a abordagem de ensino aplicada, detalhando os procedimentos realizados pelo professor, de maneira que ela possa ser replicada por outros profissionais.

Posteriormente iremos informar quais critérios foram utilizados nas coletas e análises dos dados gerados nesta pesquisa, para que possamos entender o método de avaliação realizado.

### ***2.3.1 Método da Intervenção pedagógica, apresentação da SECTS e produção das cartas:***

A intervenção realizada nesta pesquisa visa apresentar a importância de se discutir sobre os riscos e benefícios gerados pelas radiações nas diversas áreas da sociedade, proporcionando conhecimentos básicos em física relacionados ao tema. Para isso, adotamos um enfoque CTS articulado de uma perspectiva investigativa, na qual a intervenção educacional, na forma de um projeto de complementação às atividades de ensino, ocorreu no contraturno para alunos da 1ª série do ensino Técnico em Informática integrado ao ensino médio.

Por meio desta intervenção foi possível apresentar aos alunos, novas abordagens de ensino, em que passaram a ser agentes ativos na construção do conhecimento na sala de aula, por meio de discussões, debates e levantamento de hipóteses relacionadas ao tema. Isso possibilitou abordar conteúdos da Física como radiação ionizante e não ionizante, decaimento radioativo, energia da radiação eletromagnética e corpuscular, entre outras. E durante esta intervenção tive também a oportunidade de abordar questões econômicas, político e social, para que eles pudessem perceber que a ciência vista em sala de aula está diretamente conectada ao mundo que os rodeiam.

Para que conseguíssemos atingir esses objetivos, tivemos que construir espaços nos quais as problematizações expostas pudessem ser trabalhadas coletivamente com os alunos, produzindo uma nova forma de lecionar (ROCHA & AGUIAR, 2003). Portanto, foi construída para essa pesquisa, uma Sequência de Ensino com Enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade (SECTS), articulada a uma perspectiva investigativa, que pudesse explorar esse espectro de possibilidades.

A SECTS que será apresentada nesta pesquisa não tem a ilusão de transformar alunos essencialmente ouvintes em pesquisadores aplicados. Mesmo porque esse processo leva tempo e maturidade, visto que eu também passei por uma fase de transformação e adaptação durante o desenvolvimento dessa sequência. E seria um exagero dizer que, realizando essa intervenção em uma única vez, conseguiria atingir resultados excepcionais na ampliação do repertório atitudinal, procedimental e conceitual dos estudantes. Pelo contrário. Desde o início da produção dessa SECTS, imaginamos a dificuldade que teríamos para criar situações problematizadoras a serem discutidas e solucionadas com os alunos. Mas isso não foi impedimento para se idealizar um ambiente investigativo totalmente diferente do que já havia apresentado anteriormente. A ideia foi de conseguir criar uma cultura de um trabalho científico com eles (CARVALHO, 2013). Foi a primeira tentativa de promover esse novo ambiente, no qual os conhecimentos prévios dos alunos seriam valorizados e com a minha colaboração, nos apropriarmos de conceitos científicos.

A SECTS que é o produto final deste trabalho, faz parte da pesquisa do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) oferecido pela Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. Ela foi submetida a um processo contínuo de validação por pares do grupo de pesquisa em Ensino de Física por Investigação, que ocorreu durante as orientações em grupo, até seu formato final.

Foram feitos apontamentos a respeito do número de atividades em cada encontro, do tempo de duração das atividades e das propostas de avaliação, que, por meio das importantes contribuições de cada participante do grupo de pesquisa, possibilitaram a melhoria desta sequência de ensino.

O desenvolvimento da SECTS com os estudantes foi realizado em 4 encontros com 2 horas de duração cada. Abaixo segue um resumo das atividades executadas desta sequência.

Quadro 4: Quadro-resumo das atividades da SECTS

	<b>Formato (tipo)</b>	<b>Recursos utilizados</b>	<b>Objetivos conceituais de aprendizado</b>	<b>Objetivos procedimentais de aprendizagem</b>	<b>Objetivos atitudinais de aprendizagem</b>	<b>Duração</b>
<b>1º Encontro: A radiação na visão do aluno</b>	Questões abertas	Quadro branco; Pincel; Câmera filmadora; Projeções em Datashow de figuras e vídeos retirados da internet; Imagens (fotos) produzidas durante a aula.	Identificar os conhecimentos prévios que os alunos possuem sobre radiação e as suas fontes. Compreender as principais características das ondas e como elas se relacionam com a sua energia.	Elaborar hipóteses, modelos explicativos, articular as ideias e ações, possibilitando a interação com a realidade.	Dialogar e respeitar as diferenças de ideias e pensamentos; desenvolver um posicionamento crítico e investigativo perante o tema apresentado.	02:00 h
<b>2º Encontro: A radiação das rochas ornamentais</b>	Questões abertas e contextualização social do conhecimento.	Quadro branco; Pincel; Câmera filmadora; Projeções em Datashow de figuras e reportagens; Artigo científico.	Compreender a radiação emitida por rochas ornamentais, através da mobilização de conceitos sobre radiação ionizante por partículas e decaimento de materiais radioativos, analisando os possíveis riscos à saúde provocados pela sua exposição.	Elaborar hipóteses, modelos explicativos, articular as ideias e ações, possibilitando a interação com a realidade.	Dialogar e respeitar as diferenças de ideias e pensamentos; desenvolver um posicionamento crítico e investigativo perante a situação-problema.	02:00 h

<b>3º Encontro: Um novo olhar para a radiação ultravioleta</b>	Questões abertas e contextualização social do conhecimento.	Quadro branco; Pincel; Câmera filmadora; Projeções em Datashow de figuras e reportagens; Artigo científico.	Identificar e classificar as ondas eletromagnéticas; diferenciar radiações emitidas por campos eletromagnéticos e por partículas; entender como a energia que a radiação ultravioleta transporta pode afetar a saúde da pele.	Elaborar hipóteses, modelos explicativos, articular as ideias e ações, possibilitando a interação com a realidade.	Dialogar e respeitar as diferenças de ideias e pensamentos; desenvolver um posicionamento crítico e investigativo perante a situação-problema.	02:00 h
<b>4º Encontro: Os Raios-X</b>	Questões abertas e contextualização social do conhecimento.	Quadro branco; Pincel; Câmera filmadora; Projeções em Datashow de figuras e reportagens.	Compreender a radiação eletromagnética ionizante; ponderar sobre os riscos que sua exposição causa; conhecer as diversas aplicações dos raios X.	Elaborar hipóteses, modelos explicativos, articular as ideias e ações, possibilitando a interação com a realidade.	Dialogar e respeitar as diferenças de ideias e pensamentos; desenvolver um posicionamento crítico e investigativo perante a situação-problema.	02:00 h

Fonte: O autor

O primeiro encontro, “A radiação na visão do aluno” aborda o tema radiação de uma forma geral, para que tivéssemos a oportunidade de identificar os conceitos prévios que eles possuíam sobre o assunto. Essa aula não se iniciou com uma problematização, portanto, não teve uma situação-problema a ser resolvida. Mas como poderemos ver no capítulo 3 deste trabalho, não deixamos de considerá-la como investigativa, pois percebemos evidências desta natureza.

A aula foi iniciada com a palavra RADIAÇÃO exposta no quadro, no qual foi pedido que escrevessem em seus diários de campo, qual seria mensagem transmitida a eles. Eles tiveram em média 15 minutos para realizar esta tarefa, quando passamos para um segundo momento, no qual discutimos as escritas feitas por eles realizadas.

Durante essas discussões tivemos a oportunidade de perceber o receio que eles possuíam sobre o uso indevido da radiação, o medo de armamentos nucleares e as consequências catastróficas relacionadas a esse uso. Também verificamos conceitos básicos de Física, Química e Biologia vistos em séries anteriores e aplicações da radiação na medicina.

Após essa discussão, foi apresentada aos alunos uma série de objetos/fotos para que eles registrassem também em seus diários de campo, quais daqueles(as) na opinião deles, seriam fontes de radiação e quais não seriam. Os objetos apresentados foram: telefone celular, água mineral, areia de praia, granito, aparelho de Raios-x e o Sol. Para essa atividade foi destinado apenas 5 minutos, pois não pedi para que eles justificassem suas escolhas, pois eles teriam este momento quando fôssemos discutir as respostas apresentadas e registradas em seus respectivos diários.

Como no estado do Espírito Santo tem uma cidade litorânea muito conhecida pelas suas areias monazíticas, este tema foi abordado logo em seguida nos debates sobre o reconhecimento das fontes radioativas. Um vídeo intitulado “Guarapari, pior que Fukushima e Chernobyl”<sup>1</sup>, foi passado para a turma, no qual, após a apresentação, houve um momento de discussão que alavancaram situações que puderam servir de base para introdução de conceitos físicos relacionados às principais características das ondas, sobre a energia que elas transportam, e tivemos também a oportunidade de apresentar e analisar o espectro eletromagnético.

O segundo encontro da SECTS foi “A radiação das rochas ornamentais”. Este tema foi escolhido devido a escola estar localizada em uma cidade reconhecida internacionalmente por seu parque industrial de beneficiamento de rochas ornamentais. Por esse motivo, a cidade possui esse setor como fonte principal de sua economia. Lembrando o leitor que este trabalho possui um enfoque CTS, concluímos que em sua elaboração, não poderíamos deixar de abordar esse assunto. Temos um grande potencial sociocientífico a ser desenvolvido, pois podemos discutir temas sobre a saúde dos operários do setor de extração mineral, como a economia da cidade é afetada, qual é a veracidade das informações divulgadas para a sociedade e que atitudes/ações podemos adquirir para colaborar com divulgação científica sobre o assunto.

---

<sup>1</sup> Vídeo: “Guarapari, pior que Fukushima e Chernobyl”. Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=1TbJNMpopag>

A aula foi iniciada com a seguinte contextualização: “Considerado um produto nobre para decoração de interiores e exteriores, o granito possui vantagens que vão do requinte e beleza que conferem aos ambientes, à durabilidade e facilidade de limpeza. Porém ele possui uma desvantagem: emite radiação”! Em seguida, antes de qualquer discussão, foi apresentado à turma uma reportagem<sup>2</sup>, na qual traz informações sobre elevados níveis de radiação emitidos pela estação ferroviária Grand Central Terminal, localizada em Manhattan, Nova York.

Após este momento, apresento à turma a seguinte situação-problema: “A exposição prolongada à radiação proveniente do granito pode causar algum risco à saúde”? Foi pedido aos alunos que respondessem este questionamento em seus respectivos diários de campo e, para isso, foram dados em média 15 minutos. Logo em seguida, iniciou-se um debate a partir das respostas dos estudantes, no qual evidenciamos que a maioria dos alunos não acreditava que esse material pudesse causar algum risco à saúde.

Após a leitura dessa reportagem, iniciamos uma discussão sobre a radiação emitida pelo granito usado na construção da estação ferroviária Gran Central Terminal. Perguntas como “Será que o mesmo granito presente em casas e praças da nossa cidade, causa o mesmo efeito”? O tipo, o alto nível de emissão e a possível nocividade que essa radiação produz, foram registrados e debatidos nesse momento.

Imaginando durante o planejamento deste encontro, que a reportagem mencionada não iria causar um impacto muito grande nos alunos, no que diz respeito à possível nocividade dessa radiação, apresentei em seguida uma reportagem<sup>3</sup> do site News Medical Life Sciences, na qual o professor de física da Universidade de Rice, W.J. Llope, alerta sobre bancadas de granito importadas do Brasil contendo uma grande quantidade de urânio. O objetivo foi apresentar uma fonte que transmitisse aos alunos uma “certa credibilidade”, mesmo não se preocupando em comprovar os dados apresentados. E essa foi a questão. De confrontar conceitos que os alunos estavam construindo desde a aula anterior, nas quais essas radiações naturais apresentadas

---

<sup>2</sup> BOGLIATO, Ana Maria (Ed.). **A maior e mais bela estação ferroviária do mundo: Gran Central Terminal!** 2016. Disponível em: <<https://www.viagensebeleza.com/2016/06/a-maior-e-mais-bela-estacao-ferroviaria.html>>. Acesso em: 02 set. 2018.

<sup>3</sup> IVES, James et al (Ed.). **Scientist warns about granite bench tops and radiation:** A scientist in the U.S. has issued a warning concerning the use of granite bench tops. 2008. Disponível em: <<https://www.news-medical.net/news/2008/07/30/40396.aspx>>. Acesso em: 20 set. 2018.

não traziam riscos à saúde (debatido principalmente quando abordamos o tema sobre areias monazíticas), com uma informação apresentada por um professor de Física. Foi um momento de dúvidas e de incertezas que a turma apresentou, que contribuiu muito na construção das ideias.

Na tentativa de incentivar o aluno em buscar informações sobre quaisquer temas de pesquisa que ainda irão realizar em suas vidas acadêmicas, informei sobre a importância de estabelecerem contato com as pesquisas científicas publicadas. Nessa perspectiva, apresentei a eles um trabalho científico<sup>4</sup> que traz, como objetivo principal, a avaliação da taxa de emissão do gás radônio em rochas ornamentais brasileiras, tendo em vista a grande importância desses resultados para a saúde dos seres humanos e a influência destes sobre a economia do país. Este momento propiciou abordarmos conceitos sobre radiação ionizante por partículas e decaimento de materiais radioativos.

Após discutirmos sobre o trabalho científico apresentado, os alunos puderam perceber que os conceitos que eles estavam construindo, não convergiam com algumas informações apresentadas durante a aula. E na tentativa de entendermos tais divergências, apresentei uma reportagem<sup>5</sup>, na qual o autor nos alerta sobre o impacto que questões econômicas podem causar na interpretação e julgamentos de informações passadas à população. Foi um momento importante, visto que a pesquisa possui um enfoque CTS.

O terceiro encontro da SECTS se intitula “Um novo olhar para a radiação ultravioleta. A contextualização que propomos para o tema foi: “A Radiação Ultravioleta (R-UV) possibilita a síntese de vitamina D na pele humana trazendo benefícios à saúde, como a redução do nível de estresse oxidativo dos músculos, fortalecimento dos ossos, prevenção da diabetes, obesidades e de doenças cardíacas. Todavia, quando a exposição é elevada, ela pode causar danos como o câncer de pele. Mas será que a radiação ultravioleta tem mais a nos oferecer além de vitaminas e melanomas?” Em seguida, proponho aos estudantes, discutirmos se a radiação ultravioleta pode ser usada em tratamentos de doenças.

---

<sup>4</sup> GAVIOLI, Y. S.; CESAR, J.; Ribeiro, R. C. **Emissão de Radônio em Rochas Ornamentais**. In: XVII Jornada de Iniciação Científica do CETEM/MCT, 2009, Rio de Janeiro, RJ. XVII Jornada de Iniciação Científica do CETEM/MCT, 2009.

<sup>5</sup> CATTLEY, Keith. **Granito emite radiação?** 2008. Disponível em: <<http://fiqueinformadorochas.blogspot.com/2008/09/granito-emite-radiao.html>>. Acesso em: 05 set. 2018.

A aula se inicia com uma leitura de um artigo publicado na Revista Brasileira de Climatologia (<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/36764/22580>), pela Doutora Márcia Maria Fernandes de Oliveira, no qual podemos encontrar informações sobre os benefícios causados pela exposição à radiação ultravioleta e os riscos que ela pode trazer à saúde.

Após a leitura desse artigo, questiono aos estudantes, como eles se relacionam com essa radiação. Se eles já ouviram falar, se usam algum tipo de proteção, se conhecem alguém que teve alguma doença relacionada, e um debate foi levantado nesse momento: “Os benefícios valem os riscos”? Durante a discussão, fiquei atento para a possibilidade de abordar conceitos científicos sobre radiação ultravioleta. Como elas são produzidas e propagadas, os tipos de radiação (UVA, UVB e UVC), além de ter uma boa oportunidade de fazer com que os estudantes entendam que esse tipo de radiação (não ionizante) se difere da radiação (ionizante) estudada na aula anterior, esclarecendo que nem toda radiação ionizante é prejudicial e as não-ionizantes são inofensivas.

Em seguida abordamos o tema sobre Fototerapia. A intenção foi mostrar como a radiação ultravioleta pode ser útil em tratamentos medicinais como a icterícia em recém-nascidos e doenças de pele como a psoríase e o vitiligo. Vídeos, reportagens e artigos sobre esse tipo de tratamento são apresentados e discutidos, a fim de que possamos no final dessa aula, ampliar os conhecimentos e compreensões sobre o assunto, não ficando limitado apenas em informações sobre os malefícios que essa radiação pode causar.

O quarto encontro da SECTS aborda o tema sobre os raios X. Contextualizo o tema dizendo: “Quem nunca precisou “tirar” uma radiografia ou “bater” uma “chapa”? É um exame tranquilo, rápido e indolor. Nas primeiras décadas do século XX, a utilização dos raios X se concentrou em aplicações na medicina, principalmente no diagnóstico de imagens de fraturas nos ossos. Mas essa radiação tem outras aplicações?” Em seguida, proponho a situação problema a ser discutida ao longo desse encontro: “Além das salas de radiografias, onde mais os raios X se encontram?”

A aula se inicia com um texto retirado no site do AbcMed (<http://www.abc.med.br/p/exames-e-procedimentos/348354/radioterapia+o+que+e+quando+usar+quais+os+resultados+esperados+quais+os+efeitos+adversos+o+que+fazer+para+evita+los.htm>), que traz informações sobre radioterapia. O objetivo é mostrar que na medicina, os Raios-X não

são utilizados apenas em diagnoses (radiografias e tomografias computadorizadas), mas também em terapias. Temas propícios para introdução de conceitos científicos como ionização, absorção, atenuação, energia, frequência e ressonância, foram abordados nessa leitura.

Em seguida, foi apresentado aos estudantes, um trecho de uma dissertação intitulada “O Ensino de Física Moderna com Enfoque CTS: Uma Proposta Metodológica para o Ensino Médio usando o Tópico Raios-X”, do aluno Fábio Ferreira de Oliveira. Nele encontramos relatos de aplicações dos Raios-X em indústrias automotiva e aeronáutica, na agricultura, na saúde e segurança. O propósito, foi de após termos analisado o texto sobre radioterapia, verificarmos se os estudantes conseguiriam compreender como seria a aplicabilidade dos Raios-X nessas áreas.

O leitor deste trabalho pôde perceber que a SECTS apresentada neste capítulo, possui 4 (quatro) aulas nas quais definimos como “encontros”. No entanto, escolhemos o primeiro e o segundo encontro desta sequência para apresentarmos os procedimentos metodológicos aplicados e o faremos também nas discussões dos dados coletados desta pesquisa. Esta escolha não foi feita ao acaso. A primeira aula proporciona ao leitor, experiências de um professor e de alunos que nunca tiveram a oportunidade de trabalhar com situações em que a ciência, tecnologia e sociedade, fossem correlacionadas. Novos comportamentos/atitudes que tanto os alunos como eu tivemos que adquirir, poderão servir de exemplo aos profissionais da área da educação que queiram reproduzir trabalhos semelhantes. Propor problemas a serem solucionados, analisar a reação dos alunos sobre os temas apresentados e modificar a sequência das ações planejadas mediante à essas reações, são alguns exemplos do que eu passei durante esta primeira aula e que gostaria de repassar aos colegas. Em resumo, escolhemos apresentar em detalhes este primeiro encontro, com a finalidade de mostrar as primeiras participações ativas dos estudantes no que diz respeito à construção do seu conhecimento e o novo papel do professor em propor situações que pudessem oportunizar esta participação, valorizando o conhecimento que o aluno traz para sala de aula, abordando temas de relevância sociocientífico e proporcionando ao aluno apropriar-se de conceitos científicos (CARVALHO, 2013).

A escolha feita pela segunda aula, foi dada a importância que o setor de rochas ornamentais possui em nossa região (cidade de Cachoeiro de Itapemirim-ES). A instituição de ensino em que foi aplicada a pesquisa oferta, além do curso técnico em informática (cursado pelos alunos participantes), outros cursos como o de Técnico em

Mineração é um curso superior de Engenharia de Minas. Enxergamos uma oportunidade de fazer com que o aluno começasse a se interessar por permanecer na instituição, caso fosse de interesse deles. Além disso, temos em anexo a nossa instituição o CETEM-ES (Centro de Tecnologia Mineral – Espírito Santo), que, além de realizar pesquisas relevantes na área, possui uma importante parceria com nossa instituição, propiciando estágios para os nossos estudantes.

Ao final do desenvolvimento da SECTS, pedimos aos estudantes que escrevessem uma carta, a fim de verificarmos possíveis evidências de apropriações atitudinal, procedimental e conceitual adquiridas por eles no decorrer dos estudos. Mediante à essa tarefa, tivemos a oportunidade de cumprir os objetivos desta pesquisa, divulgando os conhecimentos adquiridos à respeito do tema radiação, proporcionando relatos sobre a participação em aulas com um enfoque CTS, articulados à uma perspectiva investigativa.

### **2.3.2 Método de análise de dados:**

A pesquisa apresentada neste trabalho possui uma perspectiva qualitativa, na qual Bogdan e Biklen (1994) nos ajudam a identificar algumas características desta natureza. Durante o processo de investigação, os dados coletados para análise foram obtidos através das anotações em diários de campo dos alunos e por registros feitos em áudio e vídeo das aulas, todos com suas identidades preservadas e com a permissão dos responsáveis.

[...]. O diário também é utilizado para retratar os procedimentos de análise do material empírico, as reflexões dos pesquisadores e as decisões na condução da pesquisa; portanto ele evidencia os acontecimentos em pesquisa do delineamento inicial de cada estudo ao seu término (ARAÚJO, *et al.*, 2013, p. 54).

Os gestos dos alunos, as piadas feitas, as fisionomias em seus rostos, o significado e a importância dada ao tema, são exemplos de pistas que contribuíram para verificar se o objetivo de pesquisa foi alcançado. Por isso, não devemos dar importância somente ao resultado final, mas também ao processo que foi levado em consideração para chegar a eles. E, para isso, é preciso que os temas abordados sejam problematizados, pois entendemos que numa pesquisa qualitativa é preciso

que os investigadores sejam inseridos no contexto a que lhe são apresentados. É preciso analisar os momentos como um todo. Não sabíamos durante a pesquisa, que forma as aulas iriam tomar. Analisar os dados de cada aula, foi importante para elaboração do próximo passo a ser dado. O leitor terá a oportunidade de perceber nas discussões dos dados obtidos, que o planejado cronologicamente para cada aula era modificado constantemente, devido às respostas dadas pelos alunos. Pois entendemos, assim como Bogdan e Biklen (1994, p. 70), que:

O objectivo dos investigadores qualitativos é o de melhor compreender o comportamento e experiência humanos. Tentam compreender o processo mediante o qual as pessoas constroem significados e descrever em que consistem estes mesmos significados. Recorrem à observação empírica por considerarem que é em função de instâncias concretas do comportamento humano que se pode reflectir com maior clareza e profundidade sobre a condição humana.

Nessa pesquisa, buscamos indícios sobre atitudes dos estudantes e procedimentos desenvolvidos com eles durante a intervenção, potencializando esses elementos da prática científica, em aulas fundamentadas no ensino por investigação (BARCELLOS e COELHO, 2019). Os encontros registrados em áudio e vídeo, proporcionaram transcrições fiéis das interações discursivas, que permitiram evidenciar a construção contínua de conhecimentos relativos à radiação e o entendimento dos benefícios e riscos relativos ao seu uso. Além disso, por meio das linguagens verbais e não verbais apresentadas pelos estudantes, buscamos também compreender a construção de significados nestas interações, assumindo que esse processo é equacionado ao da construção de conceitos. Assim, segundo Mortimer e Scott (2002, p. 284):

Os significados são vistos como polissêmicos e polifônicos, criados na interação social e então internalizados pelos indivíduos. Além disso, o processo de aprendizagem não é visto como a substituição das velhas concepções, que o indivíduo já possui antes do processo de ensino, pelos novos conceitos científicos, mas como a negociação de novos significados num espaço comunicativo no qual há o encontro entre diferentes perspectivas culturais, num processo de crescimento mútuo. As interações discursivas são consideradas como constituintes do processo de construção de significados.

E para que o leitor entenda de uma forma sucinta como o processo de análise foi realizado, apresentamos abaixo um quadro com as dimensões atitudinais e procedimentais que foram investigadas nos relatos produzidos pelos alunos.

Quadro 5: Análise de procedimentos e atitudes

Tipos de Aprendizagens	Categorias de Aprendizagens	Aprendizagens adquiridas durante o processo
Atitudinal	Atitudes com respeito à ciência	A1: Valorizar a abordagem científica de um problema. A2: Apresentar posicionamento crítico e reflexivo diante da situação-problema.
	Atitudes com respeito à aprendizagem da ciência	A3: Buscar cooperação e articulação entre os pares, na busca da compreensão e na resolução dos problemas. A4: Buscar significados e sentidos no entendimento da ciência.
	Atitudes com respeito às implicações sociais da ciência	A5: Apresentar posicionamento crítico à respeito das implicações sociais da ciência e suas tecnologias
Procedimental	Aquisição da informação	P1: Estruturar ideias por meio de linguagem escrita ou linguagem oral
	Interpretação da informação	P2: Utilizar modelos para interpretar o tema proposto
	Análise da informação	P3: Formular hipóteses
	Compreensão e organização da informação	P4: Realizar inferências
	Comunicação da informação	P5: Elaborar escrita e/ou discurso sobre o conteúdo adquirido

Fonte: Adaptado de Pozo & Gómez Crespo (2009)

Visando a educação científica, este quadro reforça o que almejamos como objetivo educacional no desenvolvimento da intervenção. Fazer com que os estudantes apresentem atitudes e procedimentos ao abordarmos o tema radiação é um desafio, visto que essas aprendizagens não tiveram suas devidas importâncias quando comparadas ao enfoque dado aos conteúdos conceituais no currículo escolar

(POZO e CRESPO, 2009). Desta maneira, o quadro acima nos ajuda a identificar atitudes e procedimentos que os estudantes possam a vir desenvolver, nos mantendo focados nas aprendizagens que queremos que eles adquiram ao longo do desenvolvimento da intervenção aplicada. Esperamos que eles possam se tornar mais autônomos quanto ao julgamento e decisões a cerca dos problemas sociocientíficos propostos, e que essas mudanças não se limitem ao prazo da aplicação desta pesquisa, mas que todas as características de uma abordagem científica, como realização de inferências, formulação de hipóteses, apresentação de posicionamento crítico e reflexivo diante das questões sociais das ciências e suas tecnologias, a valorização dada à abordagem científica, entre outras, sejam incorporadas em suas vidas pessoal e acadêmica.

## **Capítulo 3 – Análise dos dados, resultados e discussões**

Neste capítulo analisamos os dois primeiros encontros em que aplicamos a Sequência de Ensino com Enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade (SECTS) articulada a uma perspectiva investigativa, buscando evidências que nos permitam identificar as aprendizagens atitudinais, procedimentais e conceituais por parte dos alunos, que são os objetivos a serem alcançados nesta pesquisa. Na subseção 3.1 apresentamos a análise da aula “A radiação na visão do aluno” e na subseção 3.2 apresentamos a análise da aula “A radiação das rochas ornamentais”. A importância e o motivo de selecionarmos esses dois encontros para análise, foram mencionados na subseção 2.3.1 deste trabalho.

Por último, na subseção 3.2.1, apresentamos a análise de algumas produções escritas realizadas pelos alunos na forma de uma carta, direcionada aos alunos de outros cursos técnicos, sobre a importância de ter participado deste projeto de ensino/pesquisa e quais as experiências e aprendizados que eles adquiriram durante este processo. O objetivo dessa produção, além de gerar dados para avaliação atitudinal, procedimental e conceitual, é que eles consigam minimizar por meio da argumentação científica, o receio e o medo que as pessoas possuem quando o tema “radiação” é abordado, mostrando que o uso responsável desta ciência traz benefícios à sociedade.

### **3.1 A radiação na visão do aluno**

Essa foi a primeira aula da SECTS, e apesar de não considerarmos esta investigativa, consideramos por bem analisá-la pois foi a primeira tentativa de desenvolvimento de uma aula articulando os pressupostos dessa abordagem. Mesmo não expondo uma situação-problema, tento dar protagonismo aos alunos esperando identificar conceitos prévios sobre o assunto, estudar os primeiros comportamentos e analisar as atitudes de uma aula dialógica.



Figura 8: Início da primeira aula: “A radiação, na visão do aluno”.Fonte: o autor.

Participaram desta aula 15 dos 20 estudantes, pois cinco deles estavam participando de jogos estudantis pela escola. A sala utilizada não foi a mesma que eles estudavam, pois como os encontros foram realizados no contraturno, ela estava ocupada por outra turma. Esta foi uma dificuldade enfrentada pois era a única sala da escola disponível no momento, na qual tinha um ar condicionado antigo que fazia muito barulho, dificultando as análises posteriores dos áudios gravados.

Basicamente, neste primeiro encontro, nos preocupamos em identificar os conhecimentos prévios que os alunos possuíam sobre radiação e suas fontes emissoras. Para melhor compreensão, dividimos as aulas em “atos”, a fim de que possamos passar detalhadamente o ambiente em que ocorreram os fatos, as reações observadas e suas análises.

### 1º ATO – ESTIGMA DA RADIAÇÃO:

Iniciamos a aula com a seguinte pergunta:

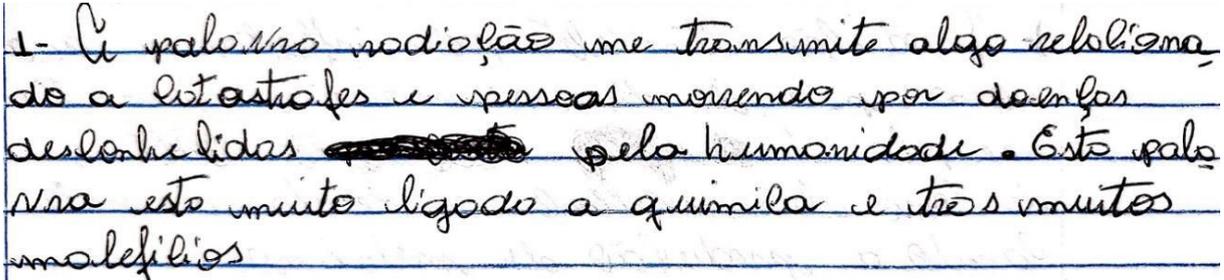


Figura 9: “Slide da apresentação de PowerPoint passado na primeira aula.” Fonte: o autor.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> As imagens da explosão da bomba nuclear e do símbolo da radioatividade (ambas na figura 9) foram retiradas da apresentação do produto educacional. Após análise, entendemos que estas poderiam ter influenciado

Foi pedido a eles que respondessem à pergunta apresentada em seus diários de campo, para que em seguida pudéssemos discuti-la. Foi dado uns 15 minutos para realização dessa tarefa e, nesse momento, os alunos fizeram alguns questionamentos sobre o assunto dirigindo perguntas a mim. Nesse momento não fiz nenhuma intervenção, tampouco respondi às questões socializadas, justificando que aquele momento era pessoal e individual, e que, no decorrer da aula, iríamos discutir o tema. Esta foi a primeira tentativa dos alunos de obterem respostas imediatas como de costume e foi a primeira dificuldade que encontrei. Nessa etapa ainda não estava “adaptado” a essa nova abordagem e me encontrava numa tentativa de mudança de atitude. Para Azevedo (2004), o professor deve muito mais que passar o conteúdo. Ele deve propor debates, desafios, argumentar e ponderar as discussões, ajudando os alunos a manterem a coerência em suas ideias, sempre buscando atingir o conhecimento científico.

Analisando as produções dos alunos, percebemos que as respostas poderiam ser divididas entre os malefícios e benefícios causados pela radiação. A seguir, apresento o relato do aluno Cleiton, mostrando uma visão negativa sobre a radiação. Neste momento evidenciamos uma estruturação das suas ideias **(P1)** e o seu posicionando perante ao uso social da ciência **(A5)**:



1- A palavra radiação me transmite algo relacionado a catástrofes e pessoas morrendo por doenças desconhecidas pela humanidade. Esta palavra está muito ligada a química e trás muitos malefícios

Figura 10: Relato feito por Cleiton. “A palavra radiação me transmite algo relacionado a catástrofes [sic] e pessoas morrendo por doenças desconhecidas pela humanidade. Esta palavra está [sic] muito ligada a química [sic] e trás [sic] muitos malefícios.” Fonte: o autor.

A palavra radiação para muitos alunos de acordo com os relatos, está relacionada à radioatividade causada pelos acidentes nucleares e armamentos de guerra. A maioria deles relembram eventos catastróficos como o acidente nuclear de Chernobyl e as bombas atômicas em Hiroshima e Nagasaki. A aluna Coraline

---

os estudantes em seus julgamentos sobre o tema, distanciando do objetivo intentado de acessar as concepções prévias dos estudantes sobre o tema.

comenta sobre esses fatos, e podemos observar, ao estruturar suas ideias (P1), uma certa indecisão sobre o tema. Percebemos a dúvida sobre supostamente o que ela ouviu de positivo sobre radiação contrastando com os eventos históricos que a marcaram negativamente, apresentando um posicionamento crítico e reflexivo diante do tema (A2):

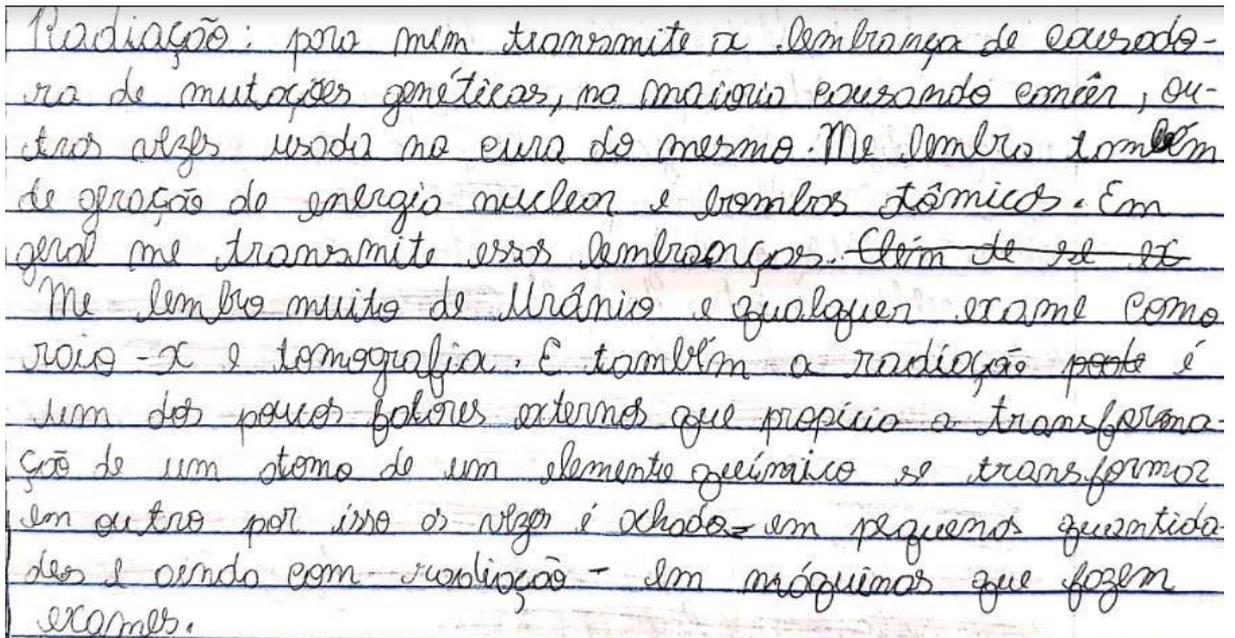
*A palavra radiação me faz pensar em transmissão/movimentação e instabilidade (ligado aos átomos). Sei pouco como se aplica no cotidiano, pois desconheço seu conceito, mas lembro de coisas como: funcionamento de eletrodomésticos; exames médicos; bombas atômicas; acidente de Chernobyl. Embora saiba que não é algo ruim (não totalmente), tenho certo preconceito pois é algo na que o senso comum dita como ruim*

Figura 11: Relato feito por Coraline. “A palavra radiação me faz pensar em transmissão/movimentação e instabilidade (ligado aos átomos). Sei pouco como se aplica no cotidiano, pois desconheço seu conceito, mas lembro de coisas como: funcionamento de eletrodomésticos; exames médicos; bombas atômicas; acidente de Chernobyl. **Embora saiba que não é algo ruim (não totalmente), tenho certo preconceito pois é algo que o senso comum dita como ruim**”. Fonte: o autor.

Nas palavras da aluna, podemos notar um conhecimento básico sobre estrutura da matéria quando ela comenta sobre a instabilidade dos átomos. Consideramos nesse momento que ela se referia aos isótopos instáveis (radioisótopos). Também verificamos um certo conhecimento da aluna sobre a utilização das radiações na sociedade (A5), como em aparelhos eletrodomésticos e exames médicos. Mas é na última frase destacada em negrito que vemos a importância deste trabalho. Por meio de uma proposta CTS de ensino, buscamos não somente propiciar o acesso à apropriação de conceitos científicos e a compreensão do desenvolvimento das ciências e suas tecnologias, mas também cultivar nos alunos um senso crítico sobre o tema. Dessa forma, quaisquer impactos que essa evolução venha acarretar, poderão ser questionadas e avaliadas pelos alunos a ponto de serem capazes de tomar suas próprias decisões à respeito delas (PINHEIRO, N. A. M. *et al.*, 2007).

Concepções dos alunos sobre os conceitos relacionados ao tema da intervenção foram identificadas nesta aula por meio das escritas dos alunos e dos seus discursos. Coletar esses dados foi de fundamental importância para a continuidade dos trabalhos, pois a partir deles tive a oportunidade de redefinir o planejamento didático para introdução ou aprofundamento de conceitos físicos nas

demais aulas. Como exemplo, podemos evidenciar a hipótese formulada **(P3)** pela aluna Roberta na tentativa de relacionar a radiação com o decaimento radioativo dos materiais e seu posicionamento reflexivo e social **(A2 e A5)**, ao mencionar que a utilização incorreta da radiação pode causar câncer, mas que também pode erradicar essa doença:



Radiação: para mim transmite a lembrança de causadora de mutações genéticas, na maioria causando câncer, outras vezes usada na cura do mesmo. Me lembra também de geração de energia nuclear e bombas atômicas. Em geral me transmite essas lembranças. Me lembro muito de Urânio e qualquer exame como raio-x e tomografia. E também a radiação pode ser um dos poucos fatores externos que propicia a transformação de um átomo de um elemento químico se transformar em outro por isso às vezes é achado em pequenas quantidades e ainda com radiação - em máquinas que fazem exames.

Figura 12: Relato feito por Roberta: “Radiação: para mim transmite a lembrança de causadora de mutações genéticas, na maioria câncer, outras vezes usada na cura do mesmo. Me lembra também de geração de energia nuclear e bombas atômicas. Em geral me transmite essas lembranças. Me lembro muito de urânio e qualquer exame como raio-x e tomografia. E também a radiação é um dos poucos fatores externos que **propicia a transformação de um átomo de um elemento químico se transformar [sic] em outro** por isso às vezes é achado em pequenas quantidades e ainda com radiação – em máquinas de fazer exames.” Fonte: o autor.

Não somente conceitos da física aparecem nos registros dos alunos, mas também assuntos relacionados a outras áreas das ciências. A aluna Roberta descreve acima sobre mutações genéticas que na sua opinião, podem ocorrer devido exposição à radiação. Nessa mesma perspectiva, a aluna Maria Eduarda também comenta sobre alterações genéticas em seus registros e buscando um significado/sentido para o conceito de radiação **(A4)**, menciona que a radiação é “...um meio de energia muito mais potente:

1. A Radiação é um meio de energia muito mais potente e que causa menos dano ao meio ambiente (se manuseada de maneira correta). Ela está presente em todo lugar, porém em alguns lugares é tão pouco que nem faz diferença. Seu uso é muito benéfico em várias ocasiões, mas seu abuso causa catástrofes. É utilizada em usinas, armas nucleares e até em tratamentos para certas doenças que ela mesma pode causar, pois a exposição a muita radiação altera <sup>nosso</sup> material genético. Existem vários graus de radiação.

Figura 13: Relato feito por Maria Eduarda: “A Radiação é um meio de energia muito mais potente e que causa menos dano [sic] ao meio ambiente (se manuseada [sic] de maneira correta). Ela está presente em todo lugar, porém em alguns lugares é tão pouco que nem faz diferença. Seu uso é muito benéfico em várias ocasiões, mas seu abuso causa catástrofes. É utilizada em usinas, armas nucleares e até em tratamentos para certas doenças que ela mesma pode causar, pois a exposição a muita radiação altera **o nosso material genético**. Existem vários graus de radiação. Fonte: o autor.

Situações como essa (relacionar a Biologia com a Física) que infelizmente não foram aprofundadas posteriormente, fica como lição para as próximas intervenções, visto que o trabalho interdisciplinar é uma dimensão importante da abordagem CTS. Seria uma forma de ampliar o tema abordado, proporcionando ao aluno uma vivência nova, mediada por conhecimentos diversificados que se relacionam com a realidade na qual ele está inserido (FRISON, M.D., *et al.*, 2012).

Analisando ainda o relato da aluna Maria Eduarda, percebemos seu posicionamento crítico **(A2)** quanto à utilização correta da radiação **(A5)**. Para ela, o uso consciente traz benefícios às pessoas e o mal uso acarreta em catástrofes. Relatos como esse vão ao encontro da proposta CTS de ensino, na qual Santos (2007, p. 08) afirma que:

[...] uma perspectiva de CTS/CTSA crítica tem como propósito a problematização de temas sociais, de modo a assegurar um comprometimento social dos educandos. Assim, propostas curriculares com essa visão precisam levar em consideração o contexto da sociedade tecnológica atual, caracterizado de forma geral por um processo de dominação dos sistemas tecnológicos que impõem valores culturais e oferecem riscos para a vida humana.

Abaixo podemos analisar alguns trechos dos discursos dos estudantes e das estruturações de ideias (**P1**) produzidas, relatando o que a palavra “radiação” transmitia à eles:

**Professor:** Escrevam o que a palavra “radiação” transmite a vocês? Tudo que você souber, tudo que você acha, se é bom ou ruim. Se você conhece alguém que se expõe, porque talvez essa palavra não faça parte do seu dia-a-dia, mas talvez você tenha um conhecimento sobre casos que ocorrem na sociedade, em noticiários ou de cursos que talvez vocês já tenham estudado. Podem começar a escrever. *Depois de alguns minutos...*

**Professor:** Alvin. Conta pra gente o que você escreveu.

**Alvin:** A palavra me transmite medo e que dá ideia de algo ruim. Por exemplo, se eu ficar exposto a radiação eu vou ficar careca. Se a população ficar exposta ela vai morrer. Dá ideia de algo que é maléfico.

**Bruce:** A primeira coisa que me veio a cabeça foi o acidente que ocorreu na usina nuclear de Chernobyl, sobre o que aconteceu com a população que morava nas redondezas, que eles não podiam continuar morando mais ali por causa da radiação.

**Professor:** Realmente quando ocorre algum acidente em uma usina nuclear gera toda uma discussão sobre se realmente vale a pena se investir nesse tipo de tecnologia. Mas será que as usinas nucleares não causam um impacto ambiental menor, em relação as demais? Elas não seriam mais seguras e mais eficientes?

**Cleiton:** Eu acho que a expectativa nessas coisas novas é muito grande. Então eles pensam que nunca vai acontecer nada de errado e quando acontece a população paga a conta.

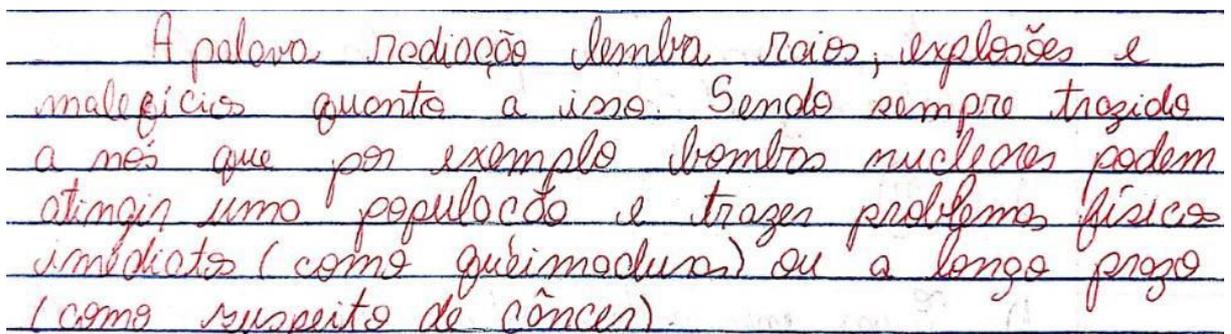
**Maria Eduarda:** A radiação está em quase todo lugar, e eu acho que muita gente só vê malefícios nela. Só que esquecem de ver os benefícios. Para mim, a radiação se torna algo ruim pelo seu mal uso. Por exemplo, nessa usina que explodiu e que deixou muitas pessoas expostas. Isso foi um mal uso da radiação. Mas ela é muito benéfica no que diz respeito à tecnologia e ajuda muito na medicina.

**Professor:** E tem muitos projetos que não são apoiados pela população pela falta de conhecimento e que não vão para frente, né? Por isso é importante a população se informar e cobrar dos políticos essa vigilância, para podermos usufruir da tecnologia com responsabilidade.

Tanto o aluno Alvin quanto o Bruce relataram suas preocupações com a radiação, mencionando na opinião deles os perigos que ela oferece. Nesse momento faço uma intervenção para saber se outros alunos tinham um posicionamento contrário aos deles. A tentativa foi de fomentar a discussão sobre o assunto para que eles pudessem participar mais ativamente do debate (SASSERON, 2015). Foi quando a aluna Maria Eduarda pôs sua opinião **(A2)** à favor do uso racional da radiação **(A5)**. Sua ponderação foi bem aceita na turma **(A3)**, trazendo uma reflexão ao tema. Além disso, quando a aluna menciona que a radiação está em quase todo lugar, gerou uma oportunidade de passarmos para o segundo ato da aula, no qual discutimos sobre as fontes emissoras de radiação.

## 2º ATO – RECONHECIMENTO DAS FONTES DE RADIAÇÃO:

Durante as discussões da primeira parte da aula e leituras dos escritos em diários de campo, percebemos que os alunos sabiam dizer (basicamente) sobre alguns benefícios e malefícios do uso da radiação. Porém, analisando a busca de sentido para a palavra radiação **(A4)**, feita pela aluna Sofia quando ela menciona sobre raios e explosões, percebemos que existe uma dificuldade no reconhecimento das suas fontes geradoras.



A palavra radiação lembra raios, explosões e malefícios quanto a isso. Sendo sempre trazido a nós que por exemplo bombas nucleares podem atingir uma população e trazer problemas físicos imediatos (como queimaduras) ou a longo prazo (como suspeito de câncer).

Figura 14: Relato feito por Sofia: “A palavra radiação lembra raios, explosões e malefícios quanto a isso [sic]. Sendo sempre trazido a nós que por exemplo bombas nucleares podem atingir uma população e trazer problemas físicos imediatos (como queimaduras) ou a longo prazo (como suspeito de câncer).”  
Fonte: o autor.

Percebemos no relato, que a única fonte de radiação que a aluna traz como exemplo, seria a proveniente de explosões de bombas nucleares. Essa mesma percepção se repete com outros alunos como identificamos abaixo:

→ transmite uma ideia de destruição por ondas, uma coisa invisível, porém catastrófica. Aplicada em casos de guerra, no entanto, a radiação pode ser benigna, como por exemplo alguns tratamentos médicos.

Figura 15: Relato feito por Edmundo: “Transmite uma ideia de destruição por ondas, uma coisa invisível, porém catastrófica. Aplicada em casos de guerra, no entanto, a radiação pode ser benigna, como por exemplo algum [sic] tratamentos médicos.” Fonte: o autor.

Na tentativa de avaliar se os alunos reconhecem as fontes de radiação e sabendo da importância que essa informação tem para a compreensão do tema, foi passado algumas fotos para que eles pudessem identificar quais delas seriam classificadas como tais fontes.

 **QUAIS DESSES OBJETOS NA SUA OPINIÃO, EMITEM RADIAÇÃO?**



1) MÁQUINA DE RAIOS-X



2) APARELHO CELULAR



3) AREIA DE PRAIA



4) ÁGUA MINERAL



5) GRANITO



6) O SOL

Figura 16: Slide apresentado para identificação das fontes de radiação. 1) Máquina de Raios-X. 2) Aparelho celular. 3) Areia de praia. 4) Água Mineral. 5) Granito. 6) O Sol. Fonte: o autor.

Analisando os diários de campo e lembrando que 15 alunos participaram desse momento (porém apenas 14 responderam), as fontes que eles identificaram como emissoras de radiação foram:

- **Máquina de Raios-X:** 14 alunos (100%)
- **Aparelho Celular:** 14 alunos (100%)
- **Areia de Praia:** 5 alunos (35,7%)
- **Água Mineral:** 0 aluno (0%)
- **Granito:** 0 aluno (0%)
- **Sol:** 14 alunos (100%)

Esta pesquisa não tem a intenção de analisar quantitativamente os dados, mas resolvemos colocar estas informações para que o leitor compreenda a noção que os alunos possuíam sobre “o que pode gerar radiação”. Como podemos verificar, todos elegeram como fontes de radiação a máquina de raios-X, o aparelho celular e o Sol. Por estar mais interessado em saber porque os alunos não reconheceram alguns objetos como fontes de radiação, não foi feita uma discussão sobre as escolhas realizadas por eles, mas fica de aprendizagem para futuras replicações dessa intervenção. Abaixo temos um trecho das discussões estabelecidas na sala de aula após os registros dos alunos em seus respectivos diários de campo:

**Professor:** Luana. Qual desses objetos na sua opinião emitem radiação?

**Luana:** Máquina de raios-x, aparelho de celular, areia de praia e o Sol.

**Professor:** Máquina de raios-x, aparelho de celular e o Sol estão bem na cara, né? A maioria deve ter escolhido.

**Turma:** É.

**Professor:** Mas sobre o celular? Vocês sabem o tipo de radiação que ele emite? Se faz mal ou se não faz?

**Sofia:** Minha mãe diz que faz mal.

**Roberta:** Eu já ouvi falar que um dos efeitos é a perda de sono. Mas eu não sei o tipo de radiação não.

**Sofia:** Eu tenho a mania de dormir com o celular carregando ou embaixo do travesseiro.

**Professor:** Isso é muito perigoso, pois no carregamento ele pode explodir.

**Sofia:** É, eu sei. Minha mãe fala o tempo todo pra (sic) não fazer isso.

Nesse momento, iria aprofundar na questão da radiação emitida pelos celulares mas fui interrompido pela aluna Maria Eduarda ao comentar sobre uma reportagem que ela viu sobre as areias monazíticas. No momento, achei melhor não cortar o ímpeto da aluna e prosseguimos a conversa falando sobre a questão posta por ela.

**Maria Eduarda:** Eu já vi uma notícia que dizia que a areia preta de praia emite radiação.

**Roberta:** Sempre ouço falar que a areia de Guarapari causa câncer.

**Cleiton:** É porque basicamente na praia tem luz solar direto. Então ela recebe todo tipo de radiação.

**Sofia:** Mas a areia emite radiação?

**Professor:** Ainda não tenho certeza (risos). Espero que vocês me ajudem a chegar a uma conclusão.

**Turma:** Ahhh, professor (risos).

**Roberta:** Mas não é toda areia. Só a areia preta.

Podemos perceber nas interações, uma discussão sobre a questão estabelecida entre os estudantes. Neste momento deixei-os à vontade, para que eles pudessem dizer o que sabiam sobre areias monazíticas, criar hipóteses e tentar chegar numa conclusão para depois, caso houvesse necessidade, fazer uma interferência. Reparem que a aluna Maria Eduarda traz a informação sobre a areia preta ser uma fonte de radiação e a aluna Roberta confirma a informação dizendo que também já ouviu falar. Já o aluno Cleiton, formula uma hipótese (**P3**) para explicar

esse fenômeno. Analisando a gravação desta parte da aula, percebemos que a aluna Sofia não se contenta com a hipótese criada pelo aluno Cleiton e tenta achar a solução, fazendo uma pergunta direta: “Mas a areia emite radiação?”. Neste momento, não respondi a aluna, dizendo que eram eles que teriam que explicar. A minha percepção no momento foi de que a discussão poderia render mais e que uma resposta dada por mim naquele instante, cessaria a construção de ideias.

Vendo os alunos discutindo a questão posta por um deles, percebemos a importância das palavras ditas por Azevedo (2004) citando Duschl (1998):

Observamos que, quando os alunos têm oportunidade de expor suas idéias, elaborar hipóteses, questionar e defender seus pontos de vista, as idéias que surgem nas respostas são diferentes, relacionadas às conversas ocorridas nos diferentes grupos de estudantes, ficando o professor com a função de acompanhar as discussões, provocar, propondo novas questões e ajudar os alunos a manterem a coerência de suas idéias (AZEVEDO, 2004, p. 25).

Momentos como esse me fizeram questionar sobre a natureza desta aula. A princípio não a caracterizamos como investigativa, porém a partir do momento que um problema a ser solucionado surge (mesmo não sendo proposto pelo professor) e a mediação passa a detectar ideias ou pensamentos iniciais dos estudantes e estes passam a exercitar habilidades como argumentação para elaboração de um modelo explicativo, evidenciamos elementos de um trabalho investigativo (AZEVEDO, 2004).

Abaixo percebemos que a discussão continua, na medida que o aluno Cleiton mostra solidariedade à aluna Clarissa, na busca de compreensão do tema **(A3)**. Ele tenta responder o questionamento da aluna Clarissa, fazendo uma inferência **(P4)** sobre a radiação proveniente desta areia, corroborando a ideia que a aluna Roberta diz, na qual ela menciona que somente a areia preta emite radiação. Neste momento, os alunos ainda não possuem a noção de que toda areia emite radiação, mas como é noticiado em meios de comunicação sobre sua alta taxa de emissão e os possíveis benefícios trazidos à saúde, eles ainda imaginam que somente a monazítica possui esta característica.

**Alvin:** Sempre pensei que areia preta tinha essa cor por causa do esgoto que escorria na areia.

**Turma:** (Risos).

**Clarissa:** Mas é o que então?

**Cleiton:** Parece que tem minério de ferro nela. Por isso que é bom.

Em seguida, apresento uma reportagem sobre uma estudante fascinada por acidentes radioativos, quem vem ao Brasil para conhecer a radioatividade natural presente nas areias monazíticas das praias da cidade de Guarapari-ES.

## AREIA MONAZÍTICA



Figura 17: Vídeo intitulado “Guarapari, pior que Fukushima e Chernobyl”. Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=1TbJNMpopag>

O vídeo em questão traz informações sobre o tipo de radiação, o elemento radioativo encontrado e a intensidade de radiação emitida por essas areias, informando que seu valor é quatro vezes superior quando comparado à radiação permitida numa usina nuclear. Essas informações se mostraram essenciais para a construção do conhecimento científico sobre o tema, como a natureza da radiação e o tempo de vida de elementos radioisótopos. O planejamento feito por mim após a aplicação do vídeo, era dar continuidade à discussão sobre a radiação emitida pelas areias monazíticas, porém a aluna Clarissa levantou um questionamento sobre a água. A princípio fiquei um pouco preocupado, pois era a segunda vez que tinha perdido a sequência planejada para a aula, mas analisando a situação posteriormente, pude perceber que a aluna estava começando a ressignificar suas compreensões sobre o tema e que continuar o diálogo naquele momento parecia o melhor caminho a ser seguido.

Achando melhor não respondê-la de imediato, solicitei a leitura do rótulo de uma garrafa de água mineral que tinha levado à sala com o propósito de questioná-los em um outro momento. A seguir, podemos ver as interações estabelecidas:

**Clarissa:** Então até a água emite?

**Professor:** Bem, olha essa garrafa de água aqui. Lê atrás no rótulo (sic) pra mim, nesta parte.

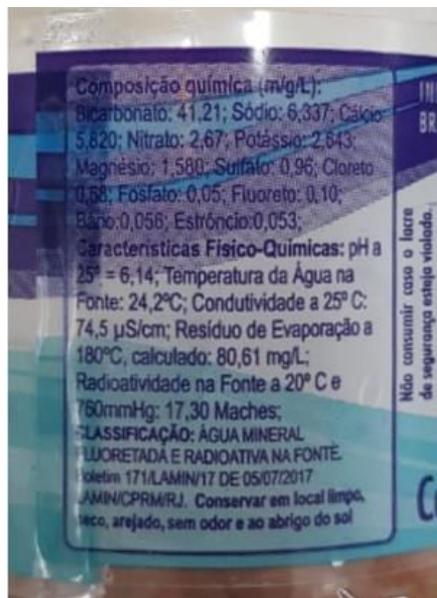


Figura 18: Foto tirada do rótulo de uma garrafa de água mineral. Fonte: o autor.

**Clarissa:** Radioatividade da fonte, a 20°C a 760 mmHg: 17,3 maches.

**Professor:** Ou seja, a empresa está se preocupando em informar (sic) pra gente, qual é o valor da radioatividade da fonte que eles retiram a água.

**Cleiton:** Credo. Até isso tenho que me preocupar agora? Se água emite radiação ou não?

**Professor:** Bom gente, não devemos nos preocupar apenas se emite radiação, mas também se ela traz benefícios ou riscos. Acho que durante essas discussões teremos a oportunidade de conhecermos os tipos de radiações, suas fontes e como usá-las de forma consciente.

Para Mortimer e Scott (2002), situações como a apresenta pela estudante Clarissa, ao perceber que a água emite radiação, evidencia um processo de significação em termos de ressignificação, ampliando o seu repertório conceitual, por meio da negociação de significados entre as diferentes perspectivas que circulam na sala de aula (cultura cotidiana e cultura científica).

Voltando à análise dos relatos produzidos nesta aula, percebi que todos os alunos apontaram o Sol como uma fonte de radiação. Mesmo já esperando este resultado, enxerguei uma oportunidade de verificar o que eles entendiam sobre a radiação proveniente desta estrela:

**Professor:** E o Sol Aurora? Você acha que ele emite radiação?

**Aurora:** Sim.

**Professor:** Porque você acha?

**Aurora:** Porque ele provoca câncer de pele.

**Professor:** Além desse exemplo, mais alguém saberia dar exemplos para confirmar que o Sol é uma fonte de radiação?

**Maria Eduarda:** Ele emite radiação porque deixa a gente com marquinha de biquíni.

Neste primeiro momento da discussão sobre a radiação emitida pelo Sol, podemos perceber que a aluna Maria Eduarda busca compreender (**A4**) a radiação solar, associando-a às marcas de queimaduras na pele. Em seguida, a aluna Juliana na estruturação de suas ideias (**P1**), menciona sua radiação ultravioleta:

**Juliana:** Então, quando a gente vai à praia usamos protetor solar. Ele serve (sic) pra isso, (sic) pra nos proteger da radiação ultravioleta.

**Professor:** A Juliana acabou de dar um exemplo de uma radiação emitida pelo Sol: a radiação ultravioleta. Vocês têm noção de outros tipos de radiação que o Sol emite ou que existem na natureza?

**Maria Eduarda:** Tem os raios-X e aquela radiação que faz o cara se transformar no Hulk.

**Turma:** (Risos)

**Professor:** Raios gama?

**Maria Eduarda:** Isso (Risos).

**Professor:** Mas pelo amor de Deus. Não vão querer ficar expostos a essa radiação pensando em ficar fortes, hein?

**Maria Eduarda:** Tem também a radiação infravermelho, usado em comunicações.

Percebendo que as alunas Maria Eduarda e Juliana deram exemplos sobre espectros da radiação eletromagnética, decido conduzir a aula abordando esse tipo de radiação para verificar se os demais alunos também tinham esse conhecimento, e se não, era uma oportunidade para apresentá-los.

**Professor:** Interessante. Infravermelho. O que é infra?

**Cleiton:** Menor? Tipo infraestrutura? Que está abaixo?

**Professor:** E a Juliana tinha falado ultravioleta. E ultra significa o quê?

**Turma:** Acima. Maior.

**Professor:** Então se temos infravermelho que dá ideia de abaixo do vermelho, e ultravioleta que dá ideia de acima do violeta, parece que o violeta é maior do que o vermelho, certo? Maior em que sentido?

**Cleiton:** É tipo uma paleta de cores, né?

**Juliana:** O arco-íris.

**Sofia:** Então a luz é uma radiação.

Neste momento, podemos perceber que a associação de “infra” e “ultra” com “maior” e “menor” que os alunos fizeram, os ajudaram a perceber que existe uma classificação da radiação (mesmo ainda não conhecendo a sua natureza). E através da contribuição na busca de solucionar o problema colocado **(A3)** e buscando significado para o entendimento ao questionamento feito **(A4)**, o aluno Cleiton ao falar sobre “paleta de cores”, fez com que a aluna Juliana lembrasse do arco-íris e a aluna Sofia deduzir **(P3)** que a luz seria um tipo de radiação. Concordando com a dedução feita pela aluna Sofia, a discussão continua:

**Professor:** Isso. Que vai do vermelho ao violeta. E o Sol não emite apenas a radiação visível, mas também a infravermelho e a ultravioleta. A Juliana mencionou que devemos nos proteger da radiação ultravioleta. Mas alguém falou sobre a radiação infravermelho...

**Maria Eduarda:** Fui eu professor.

**Professor:** Então. Precisamos nos preocupar com a radiação infravermelho? Vocês sabem dizer sobre quais outras fontes, além do Sol, emitem o infravermelho?

**Turma:** Não.

Nesse momento, pego o controle remoto do ar condicionado da sala e por meio da câmera do meu celular, faço eles notarem o ponto de emissão da radiação infravermelho no aparelho, como ilustra a figura abaixo:



Figura 19: Foto tirada do controle do ar condicionado ao emitir radiação infravermelho. Fonte: o autor.

Os alunos ficaram surpresos com esta demonstração e aproveitou este momento para comentar sobre as diferenças entre as radiações eletromagnéticas:

**Professor:** Alguns falaram que a radiação ultravioleta faz mal à saúde. Outros falaram sobre radiação infravermelho. Vocês acham que a radiação infravermelho emitida por esse controle remoto é nociva?

**Turma:** Não.

**Cleiton:** Acho que faz, mas faz bem menos. Por isso ele está no primeiro estágio da paleta. Acho que não mudaria nada na nossa vida.

**Maria Eduarda:** Acho que a radiação no infravermelho é muito fraca. Então não atravessa nossa pele a ponto de fazer mal.

**Professor:** E você acha que os raios-x podem fazer mal?

**Maria Eduarda:** Sim. Porque eles atravessam a pele.

**Professor:** E na opinião de vocês porque algumas radiações atravessam a nossa pele e outras não? O que as diferenciam?

**Cleiton:** A intensidade?

**Professor:** A intensidade de quê?

**Cleiton:** Dos fótons.

**Edmundo:** Dos elétrons. Da instabilidade do átomo.

**Professor:** Como assim?

**Edmundo:** Quanto mais elétrons conseguem passar pelo objeto, mas ele se torna instável. Tipo... não sei explicar muito bem.

**Juliana:** Eu acho que a radiação são ondas eletromagnéticas. Então talvez o comprimento de onda possa variar essa intensidade.

Chegamos a um ponto importante da aula (sendo o primeiro momento no qual aparecem conceitos físicos sobre ondas), quando a aluna Maria Eduarda chega a conclusão **(P4)** que a radiação infravermelho não seria nociva. Para ela, essa radiação seria “fraca”, não conseguindo penetrar na pele. Imagino que ela tenha formulado essa hipótese **(P3)**, por associar o uso irrestrito ao controle remoto com o uso controlado dos raios-X. Podemos perceber também por meio das falas dos alunos, que eles ainda não sabem classificar as radiações quanto à sua natureza. O aluno Edmundo confunde radiação emitida por partículas quando falávamos de radiação eletromagnética, porém fica claro a hipótese construída por ele **(P3)** ao tentar explicar sobre a intensidade da radiação, relacionando-a com a quantidade de elétrons que passaria pela pele. Verificamos que o aluno Cleiton ainda persiste na ideia sobre “paleta de cores” quando menciona sobre a nocividade da radiação infravermelho e aproveitando um modelo conceitual apresentado **(P2)** pela aluna Juliana (talvez adquirido por ela em séries anteriores) no momento que ela relaciona intensidade das ondas com o comprimento de onda, apresento o espectro eletromagnético para turma com a intenção de esclarecer alguns pontos, inclusive a questão levantada pela aluna Maria Eduarda, quando ela relaciona a nocividade das ondas com o poder de penetração na pele.

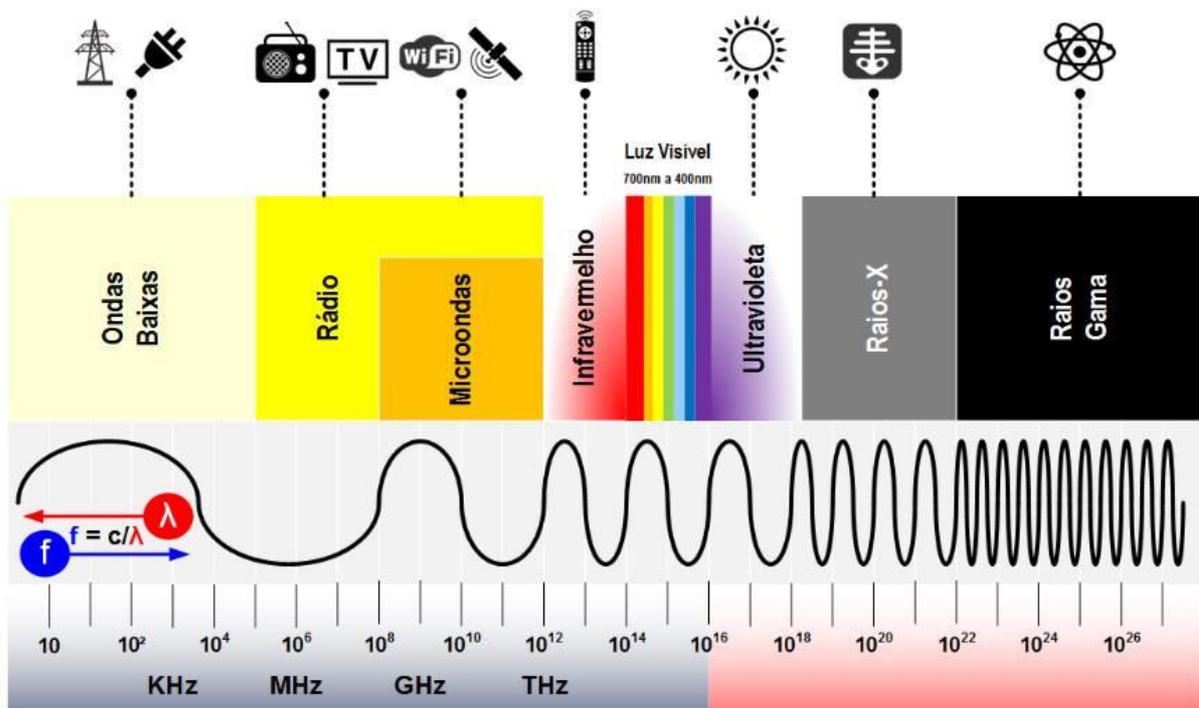


Figura 20: O Espectro Eletromagnético e suas características fundamentais. Fonte: <http://labcisco.blogspot.com/2013/03/o-espectro-eletromagnetico-na-natureza.html>

Enquanto os alunos visualizavam a figura apresentada no Datashow, pergunto se eles sabem o que é um comprimento de onda. Alguns responderam que sim, mas reparando no silêncio dos demais, resolvo ir ao quadro para dar um exemplo de duas ondas senoidais, como mostra a figura a seguir:

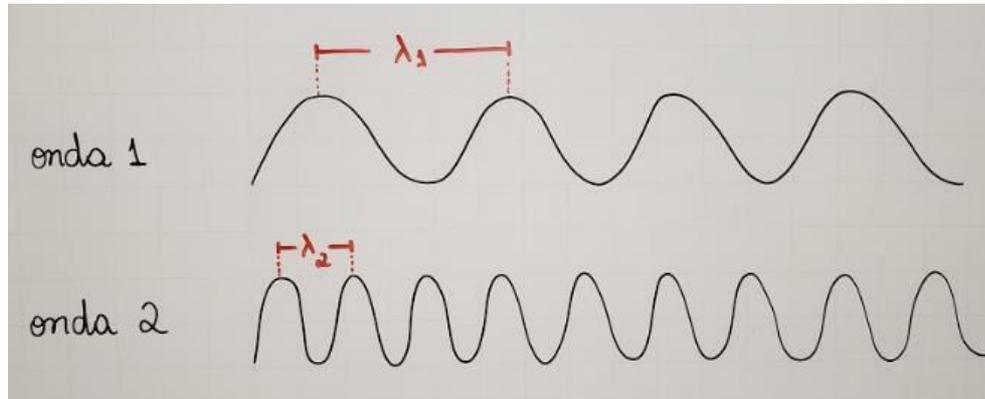


Figura 21: Foto tirada do quadro representando duas ondas senoidais de diferentes comprimentos de onda. Fonte: o autor.

**Professor:** Qual dessas ondas tem um comprimento menor? A onda 1 ou a onda 2?

**Turma:** A onda 2.

**Professor:** Vou começar a abaixar e levantar, representando quando estiver em pé a crista e quando estiver abaixado, o vale da onda. Ok? *(Nesse momento começo a abaixar e levantar para representar a onda 1 e em seguida representando a onda 2).*

**Turma:** Risos.

**Professor:** Qual a diferença nesses dois movimentos que eu fiz?

**Bruce:** A frequência da onda 2 é maior que a da onda 1.

**Professor:** Por que você diz isso?

**Bruce:** Porque no segundo movimento você levantou e abaixou mais vezes.

**Professor:** Isso aí garoto. Então vocês conseguem entender que frequência é uma grandeza que se repete num determinado intervalo de tempo? E que se o comprimento de onda da onda 2 é menor, sua frequência em relação a onda 1 é...

**Turma:** Maior.

**Professor:** Pensem agora no que estou sentindo, fazendo assim... e assim. *(Faço o movimento de abaixar e levantar)*

**Turma:** (Risos)

**Sofia:** Cansaço. A onda 2 que tem uma frequência maior você fica mais cansado.

**Professor:** Beleza. Mas porque eu me senti mais cansado?

**Roberta:** Porque você aumentou sua frequência cardíaca.

**Sofia:** É que na onda 2 você está gastando mais energia que na onda 1. Então quer dizer que a onda de maior frequência terá maior energia? É isso?

**Professor:** Faz sentido pra vocês o que a Sofia está dizendo?

**Turma:** Sim.

**Professor:** Então a onda 2 seria os raios-x ou o infravermelho?

**Turma:** Os raios-x.

**Professor:** Então significa que os raios-x tem uma energia alta, logo eles conseguem o quê?

**Sofia:** Penetrar mais.

**Professor:** Então quando a Maria Eduarda falou que o infravermelho não é nocivo e os raios-x são, a energia está associada diretamente a esse fato e quando o Cleiton falou sobre a paleta de cores, na verdade o que ele queria dizer é a classificação das ondas eletromagnéticas através de suas frequências ou comprimentos de ondas que são essas que vocês podem visualizar no slide, representadas através do espectro eletromagnético.

Percebam que neste momento a aula fluiu muito bem e que a aluna Sofia consegue associar **(A4)** a ideia dos movimentos realizados e chega a conclusão **(P4)** que as ondas que possuem frequências maiores, possuem conseqüentemente maiores energias e que isso está ligado a um poder de penetração maior, podendo ser usada para diversas finalidades, como eles já apontaram nos diários de campo (raios-x, tratamento de câncer, etc.). Percebo que os alunos começam a ressignificar o conhecimento sobre radiação, entendendo as suas características e aplicações.

Quando achava que a aula chegava ao fim, a aluna Roberta faz uma pergunta sobre o espectro visível da radiação eletromagnética, buscando sentido no entendimento sobre o tema discutido **(A4)**:

**Roberta:** E o que isso tem a ver com a cor?

**Professor:** Veja bem. Você já percebeu a chama de uma vela? Que cor você visualiza em baixo e que cor você visualiza em cima? Deixa eu pegar uma foto aqui na internet.



Figura 22: Diferença entre as cores azul e amarela na chama de uma vela. Fonte: <http://www.radiopalmeira.com.br/site/apagaomilhares-de-consumidores-da-regiao-ficam-sem-energia-eletrica/> e <https://www.vestibular.com.br/dica/por-que-a-chama-da-vela-sempre-fica-para-cima/>

**Roberta:** Em baixo azul e em cima amarela.

**Professor:** E onde vocês acham que a temperatura é maior? Em baixo ou em cima?

**Turma:** Em baixo.

**Professor:** Logo a cor azul representa onda de energia maior ou menor que o amarelo?

**Roberta:** Ahhh professor. Então significa que o vermelho tem menor energia?

**Professor:** Dentre as ondas do espectro visível, sim.

**Roberta:** Sempre pensei que o vermelho fosse a mais quente.

**Professor:** A moda dita isso, né? “Cores quentes” seriam o vermelho e amarelo e “cores frias”, o azul e violeta.

**Roberta:** Todo corpo emite radiação então?

**Professor:** Ótima pergunta. Devolvo (sic) pra vocês. Todos os corpos emitem radiação?

**Clarissa:** Não sei.

**Professor:** O que te levou a fazer essa pergunta, Roberta?

**Roberta:** Bom, se a radiação é um tipo de energia, e se todos os corpos possuem átomos, que tem elétrons, prótons, e se essas partículas possuem energia, eu (sic) tô achando que todos os corpos podem emitir radiação.

**Professor:** Então podemos concluir que todos os corpos que foram apresentados no slide apresentam radiação, certo?

**Roberta:** Faz sentido.

Percebam que a aluna Roberta consegue, por meio das discussões realizadas durante a aula, compreender que todos os objetos apresentados no slide da figura 10 emitem radiação. E a hipótese que ela cria (**P3**) para explicar essa situação é bastante razoável, pois ela consegue associar a energia dos movimentos das partículas que constituem um corpo com a radiação que ele emite, tomando consciência de sua

evolução conceitual. Talvez ela ainda não consiga classificar o tipo de radiação que o corpo esteja emitindo, mas para a primeira aula sobre esse tema, na qual a totalidade dos alunos não escolheram a água e o granito como fontes emissoras de radiação, entendo que no discurso dos estudantes, foram incorporados elementos científicos sobre o tema que foi abordado.

### 3.2 A Radiação das Rochas Ornamentais

Reconhecida internacionalmente por seu parque industrial de beneficiamento de rochas ornamentais e como a capital brasileira do mármore, Cachoeiro de Itapemirim-ES, cidade na qual esta pesquisa foi desenvolvida, tem esse setor como fonte principal de sua economia, dando visibilidade nacional e internacional à região.



Figura 23: Extração de rochas ornamentais na região de Cachoeiro de Itapemirim-ES. Fonte: *Revista A Lavoura – Edição nº 713/2016*

Como na aula anterior os alunos chegaram a conclusão que todos os objetos apresentados (sendo o granito um deles) emitem radiação, decido abordar este tema para saber se a radioatividade proveniente desse mineral poderia ser prejudicial à saúde, visto que esse tipo de rocha é encontrado em abundância nas casas, praças, escolas e demais locais que frequentam diariamente.

A aula tem como objetivo conceitual, compreender a radiação emitida por rochas ornamentais através da mobilização de conceitos sobre radiação ionizante por partículas e decaimento de materiais radioativos, analisando os possíveis riscos à saúde provocados pela sua exposição. Por meio dos diálogos e respeitando as diferenças de ideias e pensamentos, tentamos desenvolver no aluno um posicionamento crítico e investigativo perante a situação-problema apresentada.

Na tentativa de contextualizar o assunto, inicio a aula dizendo que o granito é um produto nobre para decoração de interiores e exteriores, que possui vantagens que vão do requinte e beleza que conferem aos ambientes à durabilidade e facilidade de limpeza. Porém, informo uma desvantagem em sua utilização: ele emite radiação! Proponho para a turma a leitura de uma reportagem sobre a estação ferroviária Grand Central Terminal, localizada em Manhattan, New York, considerada a maior do mundo em número de plataformas. O texto apresenta, além de informações turísticas e arquitetônicas, algumas curiosidades interessantes, como relógios adiantados para os passageiros não perderem as partidas dos trens e informações sobre níveis elevados de radiação detectados nessa estação, que ultrapassam até mesmo aos das usinas nucleares. A seguir, apresento a sequência de três slides passados aos alunos.



Figura 24: Slide 1 - Grand Central Terminal. Fonte: <http://www.viagensebeleza.com/2016/06/a-maior-e-mais-bela-estacao-ferroviaria.html>

O Grand Central Terminal é um terminal de trens e metrô de Nova York (localizado Manhattan), considerado o maior do mundo em número de plataformas, com 44 plataformas dois níveis e 67 trilhos. São 41 linhas no nível superior e 26 linhas no nível inferior.



Todos os dias, cerca de 150 mil pessoas utilizam o sistema e, anualmente, mais de 22 milhões de pessoas, principalmente turistas, visitam a estação, colocando-a na lista das 10 atrações turísticas mais visitadas do mundo!

Figura 25: Slide 2 - Grand Central Terminal. Fonte: <http://www.viagensebeleza.com/2016/06/a-maior-e-mais-bela-estacao-ferroviaria.html>

Todo o edifício do Grand Central Terminal tem detalhes belíssimos e, na sua construção foi utilizado uma grande quantidade de granito que, por conta disso, emite níveis de radiação superiores aos permitidos em usinas nucleares.



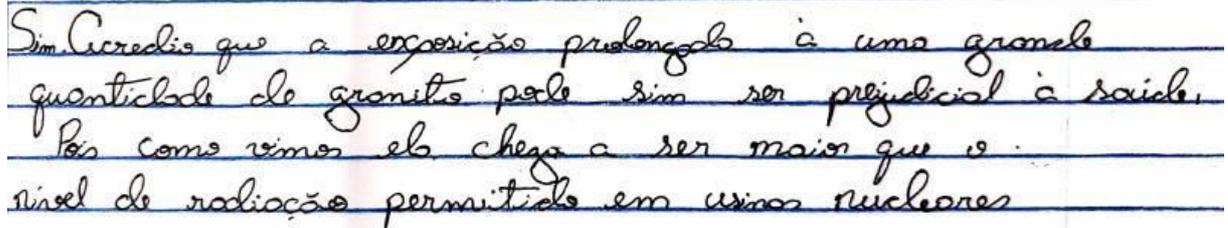
Figura 26: Slide 3: Grand Central Terminal. Fonte: <http://www.viagensebeleza.com/2016/06/a-maior-e-mais-bela-estacao-ferroviaria.html>

Em seguida proponho uma situação-problema para a turma refletir e registrar em seus diários de campo: “A exposição prolongada à radiação proveniente do granito pode causar algum risco à saúde?” Abaixo segue alguns relatos dos alunos:

*Acho que através da exposição prolongada essa radiação pode causar riscos a saúde, pois, sendo maior que o permitido em uma usina nuclear, essa radiação pode penetrar na derme, modificando o funcionamento normal do corpo.*

Figura 27: Relato feito por Maria Eduarda: “Acho que através da exposição prolongada essa radiação pode causar riscos a saúde, pois sendo maior que o permitido em uma usina nuclear, essa radiação pode penetrar na derme, modificando o funcionamento normal do corpo.” Fonte: o autor.

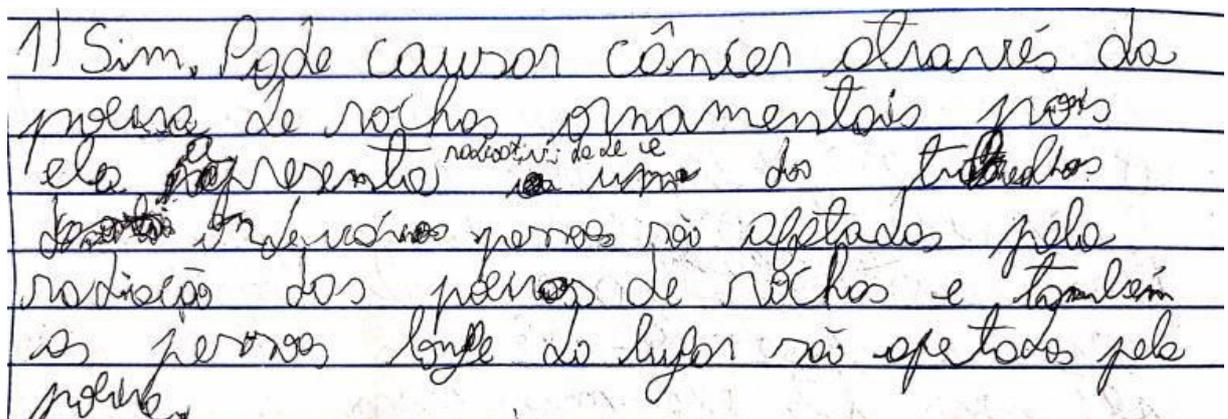
Percebemos neste relato que a aluna se impressiona com a reportagem e aceita a ideia de que pelo granito emitir uma concentração alta de radiação e sem saber distinguir o tipo, demonstra seu receio. Percebe-se também que a aluna cria uma hipótese (**P3**) quanto à essa radiação ser capaz de penetrar na pele, assunto que foi tratado na aula anterior. Na mesma perspectiva, o aluno Ronaldo traz um relato parecido:



Sim. Acredito que a exposição prolongada a uma grande quantidade de granito pode sim ser prejudicial à saúde. Pois como vimos ela chega a ser maior que o nível de radiação permitido em usinas nucleares.

Figura 28: Relato feito por Ronaldo: “Sim. Acredito que a exposição prolongada a uma grande quantidade de granito pode sim ser prejudicial à saúde. Pois como vimos ela chega a ser maior que o nível de radiação permitido em usinas nucleares.” Fonte: o autor.

Já o aluno Logan, não se preocupa com a exposição da radiação em contato com a pele e sim com a poeira que pode ser inalada da extração desse mineral, mostrando um posicionamento crítico e reflexivo sobre questões sociais que envolvem o tema (**A2 e A5**):

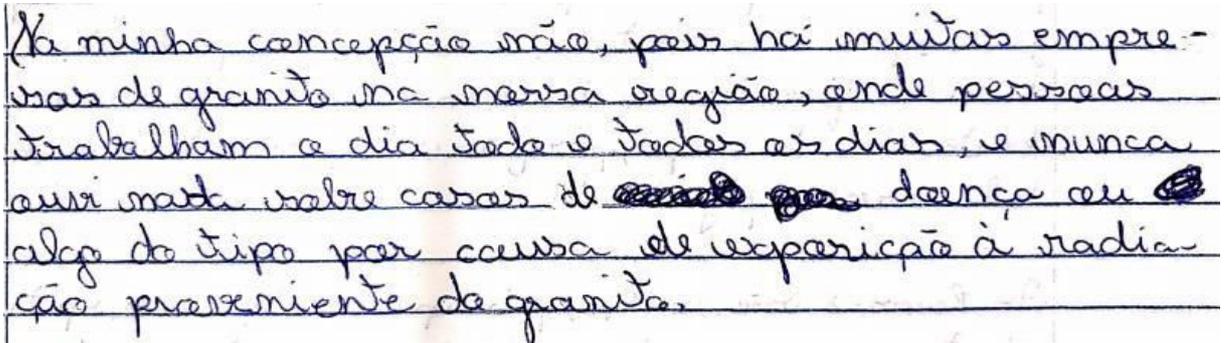


1) Sim. Pode causar câncer através da poeira de rochas ornamentais pois ela apresenta radioatividade. É um dos trabalhos onde várias pessoas são afetadas e também as pessoas longe do lugar são afetadas pela poeira.

Figura 29: Relato feito por Logan: “Sim. Pode causar câncer através da poeira de rochas ornamentais pois ela apresenta radioatividade. É um dos trabalhos onde várias pessoas são afetadas e também as pessoas longe do lugar são afetadas pela poeira.” Fonte: o autor.

Relatos como os mencionados acima, foram pouco observados durante a análise das escritas nos diários de campo dos alunos. A hipótese que temos é que a maioria já entende que as rochas ornamentais (diante da construção de conceitos na

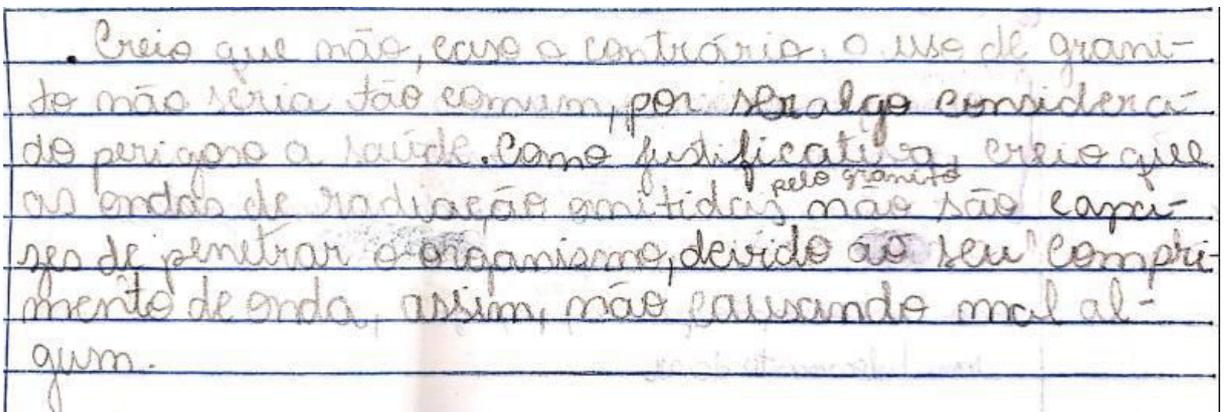
aula anterior) emitem radiação e não acredita que elas ofereçam risco à saúde. Como exemplo, destacamos o posicionamento reflexivo **(A2)** do aluno Symon, no qual reforça essa ideia por nunca ter obtido informações sobre essa natureza:



Na minha concepção não, pois há muitas empresas de granito na nossa região, onde pessoas trabalham o dia todo e todos os dias, e nunca ouvi nada sobre casos de doença ou algo do tipo por causa de exposição à radiação proveniente de granito.

Figura 30: Relato feito por Symon: “Na minha concepção não, pois há muitas empresas de granito na nossa região, onde pessoas trabalham o dia todo e todos os dias, e nunca ouvi nada sobre esses casos de doença ou algo do tipo por causa de exposição à radiação proveniente do granito.” Fonte: o autor.

A seguir, percebemos na estruturação de ideias **(P1)** da aluna Coraline, o entendimento que ela possui sobre a radiação emitida pelo granito. Ela faz uma inferência **(P4)** sobre a nocividade dessa radiação, criando uma hipótese **(P3)** ao dizer que a radiação emitida não é capaz de penetrar no organismo, não causando mal algum à saúde:

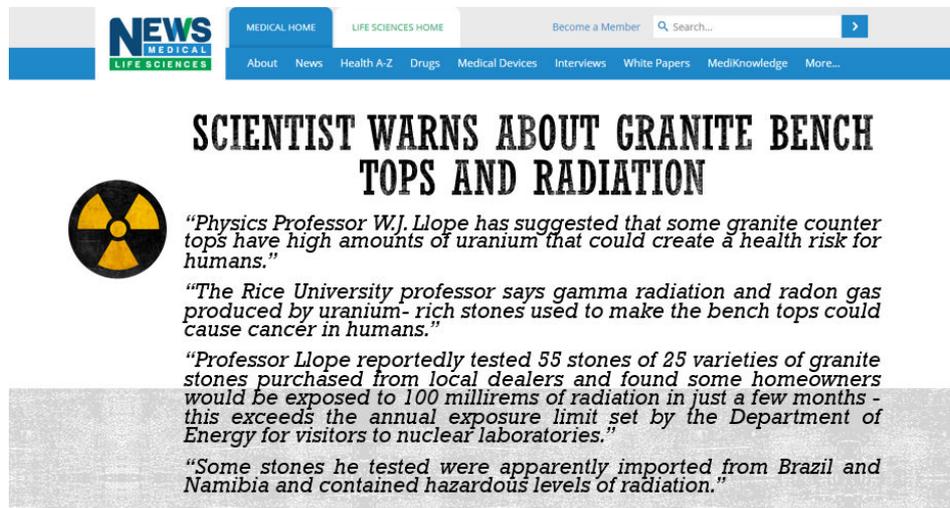


Creio que não, caso o contrário, o uso de granito não seria tão comum, por ser algo considerado perigoso a saúde. Como justificativa, creio que as ondas de radiação emitidas pelo granito não são capazes de penetrar o organismo, devido ao seu comprimento de onda, assim, não causando mal algum.

Figura 31: Relato feito por Coraline: “Creio que não, caso o contrário, o uso de granito não seria tão comum, por ser algo considerado [sic] perigoso a saúde. Como justificativa, creio que as ondas de radiação emitidas pelo granito não são capazes de penetrar o organismo, devido ao seu comprimento de onda, assim, não causando mal algum.” Fonte: o autor.

Mediante a clara opinião da maioria dos alunos quanto as radiações emitidas pelas rochas ornamentais não serem prejudiciais à saúde, exponho à turma uma reportagem do site da News Medical Life Sciences no qual o professor de física W.J. Llope da Universidade de Rice, alerta sobre bancadas de granito importadas do Brasil contendo uma grande quantidade de urânio, que poderia assim, trazer riscos à saúde.

O impacto que essa reportagem trouxe à turma foi interessante pois trouxe uma *controvérsia* à ideia que eles já tinham formada sobre o assunto.



**NEWS MEDICAL LIFE SCIENCES** MEDICAL HOME LIFE SCIENCES HOME Become a Member Search...

About News Health A-Z Drugs Medical Devices Interviews White Papers MedKnowledge More...

## SCIENTIST WARNS ABOUT GRANITE BENCH TOPS AND RADIATION

 *"Physics Professor W.J. Llope has suggested that some granite counter tops have high amounts of uranium that could create a health risk for humans."*

*"The Rice University professor says gamma radiation and radon gas produced by uranium- rich stones used to make the bench tops could cause cancer in humans."*

*"Professor Llope reportedly tested 55 stones of 25 varieties of granite stones purchased from local dealers and found some homeowners would be exposed to 100 millirems of radiation in just a few months - this exceeds the annual exposure limit set by the Department of Energy for visitors to nuclear laboratories."*

*"Some stones he tested were apparently imported from Brazil and Namibia and contained hazardous levels of radiation."*

Figura 32: Reportagem sobre a radiação emitida por bancadas de granito. Fonte: <https://www.news-medical.net/news/2008/07/30/22/Portuguese.aspx>

Após apresentar o slide, peço um aluno para traduzir a reportagem:

**Professor:** Pesquisando a respeito sobre o assunto, eu encontrei esse site: "News Medical Life Science". Nele encontramos informações sobre esse tipo de radiação. Quem é bom em inglês aí?

**Turma:** Roberta. Vai Roberta. Lê aí.

**Roberta:** Cientistas preocupados sobre o granito sendo usado em bancadas. Professor de física W. J. Wope, acho que é isso, sugeriu que as bancadas de granito têm altas concentrações de urânio que poderia criar um risco à saúde para os humanos.

**Turma:** Caraca. E agora? Ferrou. Meu Deus. (Risos)

**Professor:** Calma gente. Vamos analisar. Esse professor de física, está sugerindo que algumas bancadas de granitos poderiam estar trazendo riscos à saúde. Beleza? Continua por favor Roberta.

**Roberta:** O professor da Universidade de Rice disse que a radiação gama e o gás radônio produzido pelo urânio que provém das bancadas, podem causar câncer em humanos. O professor afirma que testou 55 tipos de rochas de 25 variedades de granito de comerciantes locais e que as pessoas que possuem granito em casa estariam expostas à aproximadamente 100 mrem<sup>7</sup> de radiação em alguns meses. Isso excede a exposição anual estipulado pelo departamento de energia de visitantes para laboratórios nucleares.

**Professor:** Bem gente. Essa reportagem parece que confirma a mensagem anterior sobre a estação ferroviária. Parece então, de acordo com esse professor, que o granito realmente nos expõe a uma quantidade significativa de radiação. Pode continuar Gabriela.

**Roberta:** Algumas rochas testadas, aparentemente importadas do Brasil e da Namíbia, contém arriscados níveis de radiação.

**Professor:** Imaginem a seguinte situação. Você está num local com um aparelho pra medir a radiação próxima ao granito, igual ao vídeo passado que eu mostrei pra vocês quando o rapaz media a radiação das areias em Guarapari. O aparelho registra um valor alto de radiação. Vocês ficariam preocupados? Vocês acham que seria prejudicial?

**Turma:** Não professor.

**Sofia:** Eu acho que não. Pelo mesmo motivo da areia. Lá na reportagem falava que o nível de radiação era alto e mesmo assim não faz mal.

**Professor:** Certo. Então na opinião de vocês, porque encontramos reportagens como essas dizendo (sic) pra nos preocuparmos com esse tipo de radiação proveniente dos granitos?

**Turma:** *(A turma ficou em silêncio)*

---

<sup>7</sup> O **rem** é uma unidade de medida de radiação. O **milirem (mrem)**, que é milésima parte do **rem**, é utilizado para dosagens comumente encontradas, tais como em equipamentos médicos de raio-x.

Quando a aluna Roberta traduz a reportagem, informando que um professor de física de uma universidade americana afirma que a radiação emitida pelo granito pode ser prejudicial à saúde, parte da turma ficou espantada por entrar em conflito com as ideias formadas e relatos apresentados em seus diários de campo. E quando peço à eles para imaginarem uma situação na qual uma pessoa meça a radiação do granito com um aparelho igual ao usado nas areias monazíticas (visto no vídeo passado na aula anterior), a aluna Sofia cria uma relação entre esse modelo construído **(P2)** com a nova informação e julga que não haveria problema, mesmo o nível detectado de radiação sendo alto. Diante dessa resposta, faço a turma se questionar sobre as informações que acabaram de constatar na reportagem, na tentativa de que eles façam um julgamento à respeito. Porém a turma não demonstra reação a esta problematização criada e a minha percepção na hora foi de que uma dúvida “pairava no ar”. Senti que os alunos estavam com receio de questionar a reportagem, mas ao mesmo tempo, ela entrava em contradição com suas ideias já formadas.

Durante a aplicação desta pesquisa, tento passar para os alunos informações de diferentes fontes como reportagem em revistas (não necessariamente científicas ou de divulgação científica), sites e vídeos da internet, pois sei que são locais de pesquisa que eles irão acessar primeiramente para obter informações. Ao mesmo tempo me preocupo em fazê-los entender que devemos também buscar essas informações em publicações científicas, pelas quais passaram por uma aprovação da comunidade acadêmica, julgando a veracidade e o impacto que pode ter para o leitor. Dessa forma apresento à turma uma pesquisa feita pela Comissão de Energia Nuclear por meio do Centro de Tecnologia Mineral – Espírito Santo (CETEM-ES), que é uma instituição de referência sobre rochas ornamentais e que fica localizado em anexo à escola que eles estudam. Foi uma forma que encontrei de mostrar como a comunidade científica se posiciona à respeito do tema, fazendo-os compreender também a importância do trabalho realizado por esta instituição. Lembro ao leitor que os alunos que participam desta pesquisa fazem um curso Técnico em Informática integrado ao ensino médio, mas que estão constantemente presenciando pesquisas divulgadas em murais na escola de estudantes do curso superior em Engenharia de Minas, que fazem estágios nesse centro de tecnologia mineral. Desta forma, ajudo a divulgar estes trabalhos, incentivando a informação sobre pesquisas realizadas na escola.

A seguir, apresento à turma um trabalho publicado na XVII Jornada de Iniciação Científica do CETEM/MCT, que fala sobre o tema que estamos discutindo. Passo para eles o trabalho impresso, orientando para que a leitura fosse feita em casa, pois não haveria tempo para essa atividade ser realizada naquele momento. Por isso, para termos condições de debater sobre o assunto, trago uma contextualização do que foi abordado neste trabalho, destacando o objetivo e sua conclusão. Segue abaixo este momento com a turma:

**Professor:** Essa reportagem sobre as bancadas de granito data de 2008. E pesquisando mais sobre o assunto, encontrei um estudo feito também em 2008, sobre a emissão de radônio em rochas ornamentais. Foi um trabalho pela aluna Yasmin, que cursava engenharia química, com a orientação do professor Júlio, doutor em engenharia mineral e o professor Roberto Carlos, doutor em engenharia química.

### **Emissão de Radônio em Rochas Ornamentais**

**Yasmin Soares Gavioli**

Bolsista de Iniciação Científica, Engenharia Química, UFRJ

**Julio Cesar Guedes Correia**

Orientador, Eng Mineral, D. Sc.

**Roberto Carlos da Conceição Ribeiro**

Co-orientador, Eng. Químico, D. Sc.



#### **Resumo**

As organizações representativas do setor de rochas ornamentais procuraram a Comissão de Energia Nuclear por meio do Centro de Tecnologia Mineral – Espírito Santo (CETEM-ES) solicitando auxílio quanto a avaliação de níveis de radiação em rochas ornamentais brasileiras, exportadas para os EUA e utilizadas como material de revestimento em residências. Tais exposições indevidas estariam supostamente sendo provocadas pela exalação de radônio (Rn) proveniente de granitos “exóticos” que estariam, segundo jornais americanos, aumentando o risco de câncer de pulmão. Com base nisto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o risco associado à exalação de radônio de placas de revestimento em ambientes *indoor*, por meio de técnicas nucleares e uso modelos de cálculo de dose consagradas internacionalmente. Para tanto, foram realizadas as caracterizações radiométrica e mineralógica de três tipos de rochas silicáticas utilizadas para revestimento, determinando as taxas de exalação e concentração de atividade do radônio nos materiais escolhidos.

Figura 33: Trabalho apresentado na XII Jornada de Iniciação Científica do CETEM/MCT. Fonte: <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/484/1/15-Yasmin%20Soares%20Gavioli.pdf>

Enquanto os alunos visualizavam o slide acima, continuava a explicar um pouco sobre o trabalho:

**Professor:** A autora menciona que por ter poucos estudos sobre esse assunto, essas notícias se espalharam nos EUA e refletiram aqui no Brasil, a ponto do setor de rochas ornamentais procurar a comissão de energia nuclear (sic) pra investigar sobre o problema. E o que essa comissão fez? Entrou em contato com o CETEM-ES (Centro de Tecnologia Mineral do Espírito Santo) que fica aqui dentro do nosso campus, solicitando auxílio quanto à avaliação de níveis de radiação em rochas ornamentais brasileiras exportadas para os EUA utilizadas como materiais de revestimentos em residências. No próximo slide, vocês verão o objetivo e a conclusão que a aluna apresenta sobre sua pesquisa.

### **Objetivo:**

*“Este trabalho visa à avaliação da taxa de emissão do gás radônio em rochas ornamentais brasileiras, tendo em vista a grande importância desses resultados para a saúde dos seres humanos e a influência destes sobre a economia do país.”*



### **Conclusão:**

*“De acordo com os resultados desse trabalho, observou-se que a taxa de exalação de gás radônio nas amostras analisadas foi muito pequena. Tendo o  $^{222}\text{Rn}$ , radionuclídeo mais perigoso para a saúde humana, apresentado uma das menores taxas de exalação de todos os tipos de radônio. Assim, pode se concluir que os granitos analisados nesse estudo não apresentaram índices preocupantes no que tange a exalação de gás radônio.”*

Figura 34: Objetivo e Conclusão do trabalho apresentado pela aluna Yasmin. Fonte: <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/484/1/15-Yasmin%20Soares%20Gavioli.pdf>

Após esse slide, começamos a discutir sobre o assunto:

**Professor:** E aí gente? O que chamou a atenção de vocês? O que vocês puderam extrair do texto?

**Roberta:** Que os granitos estariam exalando uma certa quantidade de radônio. Pelo que eu entendi, o trabalho está se preocupando em mostrar se essa quantidade de radônio é prejudicial e como essa notícia estaria afetando a economia do Brasil.

**Maria Eduarda:** É, mas de acordo com a conclusão da pesquisa que foi feita, a taxa de radônio que é exalado do granito é muito pequena e que não é prejudicial à saúde.

**Cleiton:** Ah professor. Então quem tá certo? Não sei de mais nada.

**Professor:** Pelo que vocês estão falando então, a preocupação é com o gás radônio, certo?

**Turma:** Sim.

**Professor:** Então pelo que parece, o local da extração do granito devia conter radiação natural, no caso proveniente do urânio e que através da desintegração nuclear, temos o surgimento do gás radônio. A pergunta que eu faço (sic) pra vocês é: Porque esse gás radônio emitido pelo granito, não afeta os seres humanos, segundo diz a pesquisa?

**Alvin:** Como assim desintegração nuclear, professor?

Não houve tempo para a turma responder a questão colocada por mim pois o aluno Alvin questiona sobre desintegração nuclear. Para a aula, esse questionamento foi ótimo, pois tive a oportunidade de conduzi-la como tinha planejado. Neste momento, apresento os diálogos que levaram a construção do conhecimento sobre desintegração nuclear, afim de respondermos juntos (professor e alunos) o questionamento feito pelo aluno Alvin. É um trecho longo da aula, mas omitir etapas desse momento faria com que o leitor desta pesquisa perdesse a essência e a riqueza dessa construção realizada em grupo.

**Professor:** Vamos lá. Vocês já ouviram falar de isótopos?

**Turma:** Já.

**Professor:** Vocês ouviram em alguma matéria?

**Turma:** Em química.

**Professor:** Certo. E o que vocês entendem como isótopos?

**Symon:** Átomos que possuem o mesmo número de prótons.

Percebendo que o aluno Symon traz como resposta um modelo incompleto **(P2)** criado anteriormente por ele e não querendo corrigi-lo naquele momento para não perder a oportunidade de construirmos um novo modelo com a turma, fiz uma intervenção para que todos pudessem pensar juntos.

**Professor:** Calma aí. Um átomo é formado basicamente de que partículas?

**Turma:** Prótons, nêutrons e elétrons.

**Professor:** Certo. Existem outras partículas mais elementares porém vamos ficar apenas com essas. No núcleo encontramos quais partículas?

**Turma:** Nêutrons e prótons.

**Professor:** E o que podemos falar de um átomo que possui um número de prótons igual ao de elétrons?

**Sofia:** Que ele é neutro.

**Professor:** E se esse número for diferente dizemos que ele está eletricamente carregado.

**Professor:** E sobre o número de prótons e de nêutrons? Um átomo pode ter o número de prótons diferente do número de nêutrons?

**Maria Eduarda:** Pode né? Por isso a massa atômica não é sempre o dobro do número atômico.

**Professor:** (Risos) Muito bem. Logo, quando átomos de um mesmo elemento químico que possuem a mesma quantidade de prótons, como disse o Alvin, mas que se diferenciam por terem número de prótons diferente do número de nêutrons, são chamados de...

**Symon:** Isótopos.

**Professor:** Muito bem. E quando esses isótopos estão instáveis, eles são chamados de radioisótopos. Os seus núcleos acabam emitindo partículas que nós chamamos de radiação por partículas, diferente das eletromagnéticas vistas na aula anterior, na qual não havia propagação de partículas, apenas energia. Alguém imagina que partículas poderiam ser emitidas dos átomos?

**Clarissa:** Fótons?

**Roberta:** Prótons, nêutrons.

**Professor:** Então, dependendo das partículas que são emitidas, as radiações são classificadas em alfa, beta e gama.

**Symon:** Então os átomos perdendo essas partículas vão ficando com menos energia.

**Professor:** É quando chamamos de decaimentos radioativos. Entendeu agora Alvin?

**Alvin:** Sim.

**Professor:** E na opinião de vocês, essa desintegração ocorre indefinidamente?

**Sofia:** Não. Só até eles se tornarem iguais.

**Professor:** Você quer dizer estáveis?

**Sofia:** É.

Nesse relato, verificamos a inferência **(P4)** feita pela aluna Maria Eduarda, no que diz respeito à relação entre massa atômica e número atômico. Observamos também como o conceito sobre isótopos, decaimento radiativo e radiação por partículas vão sendo reconstruídos com os alunos, na medida que a aluna Roberta informa que as partículas emitidas pelos átomos poderiam ser prótons e nêutrons, o aluno Symon formula uma hipótese **(P3)** sobre a perda de partículas estar relacionada com a energia perdida pelos átomos, terminando com a fala da aluna Sofia ao dizer que as desintegrações nucleares ocorrem até os átomos “se tornarem iguais”, na

busca de significado **(A4)** para a estabilidade atômica. Todos contribuindo na busca do entendimento sobre o assunto **(A3)**. Acreditando ter esclarecido sobre decaimento radioativo aos alunos, volto a discutir com a turma sobre a radiação emitida pelo granito, já que foram colocadas duas informações que são controversas. Uma na qual um professor de física alerta sobre os perigos dessa radiação e outra, sendo um trabalho de pesquisa que conclui que não há evidências científicas que comprovem o que o professor diz. E nessa oportunidade, aproveito para discutirmos um pouco mais sobre a radiação emitida pelo granito.

**Professor:** A radiação alfa não possui um poder de penetração muito grande, ao contrário da radiação gama que nós falamos na aula passada. A própria pele consegue bloquear a radiação alfa. E o urânio que é um átomo altamente instável, sofre desintegrações nucleares que em algumas delas emitem esse tipo de radiação. O que eu gostaria de saber é: Se essa radiação é facilmente bloqueada pela pele, em que situações nós devemos nos preocupar com ela?

**Symon:** Em respirar ela?

**Professor:** E porque o problema está em inalar?

**Sofia:** Porque se essa radiação tem dificuldade de entrar, vai ter dificuldade de sair.

**Professor:** Isso. Lesionando os órgãos e causando câncer.

**Alvin:** Então quem se ferra são os operários que trabalham na extração, né professor?

**Professor:** E pode ser que isso a gente nunca fique sabendo. Se um operário morreu de câncer após muitos anos de trabalho, só fazendo uma biópsia detalhada (sic) pra sabermos exatamente o que provocou aquele câncer.

Neste momento podemos verificar a construção que os alunos vão fazendo em grupo sobre os riscos que a radiação emitida pelo granito pode trazer. O aluno Symon entende que se a radiação não tem energia para atravessar a pele, o perigo se encontra em inalar o gás radônio emitida pela rocha. Já a aluna Sofia cria uma hipótese **(P3)** considerando que se a radiação gama não entra no organismo pela

pele, ela terá dificuldade de sair caso seja inalada. E no final dessa discussão, o aluno Alvin se sensibiliza e demonstra uma preocupação social (**A5**) no que diz respeito às condições de trabalho dos operários que extraem estes minerais. A atitude apresentada pelo aluno Alvin, demonstra que, informando à sociedade sobre o desenvolvimento científico-tecnológico e suas implicações, possibilitamos a conscientização e o senso crítico sobre o tema abordado. Nessa perspectiva, Bazzo *et al.* (2007, p.72-73), mencionam que:

[...] É necessário que a sociedade, em geral, comece a questionar sobre os impactos da evolução e aplicação da ciência e tecnologia sobre seu entorno e consiga perceber que, muitas vezes, certas atitudes não atendem à maioria, mas, sim, aos interesses dominantes. [...] Precisamos constantemente considerar que somos atores sociais. Uns diretamente afetados pelas possíveis consequências da implantação de determinada tecnologia e que não podem evitar seu impacto; outros, os próprios consumidores de produtos tecnológicos, [...] Em suma, podemos ser capazes de avaliar e tomar decisões.

Após chegarmos a um consenso de que a quantidade de gás radônio a que somos expostos pelo granito não é prejudicial à saúde, volto a questioná-los à respeito de informações que contradizem nossa conclusão:

**Professor:** Então porque encontramos na internet uma reportagem de um site americano, que diz que devemos nos preocupar com a radiação do granito que está sendo importado do Brasil? Porque deixar as pessoas em estado de alerta?

**Tecnigga:** Sei lá. Será que é porque o granito de lá é diferente do daqui?

**Professor:** Mas na reportagem diz que o granito vem daqui, do Brasil.

**Tecnigga:** Ah. Então não sei.

**Clarissa:** Alguma coisa a ver com a atmosfera? Uma coisa que tem lá e não tem aqui?

**Cleiton:** Pode estar relacionado com alguma coisa no transporte.

Enquanto os alunos(as) Tecnigga, Clarissa e Cleiton elaboravam hipóteses (**P3**) na tentativa de solucionar a questão que coloquei para eles, percebo dois alunos cochichando no fundo da sala e rindo. Interrompo a discussão que ocorria naquele

momento, no intuito de chamar a atenção dos dois alunos que a princípio para mim, estava conversando sobre outro assunto.

**Professor:** Fala Dave. O que vocês estão conversando?

**Dave:** Nada não professor.

**Professor:** Fala bicho. Pode falar. Sem problema.

**Turma:** Fala. Vai. Fala (risos).

**Dave:** Não professor. É que não tem nada a ver. Deixa (sic) pra lá.

**Professor:** Mas eu quero saber. Fala aí.

**Dave:** É que eu falei de zoeira.

**Professor:** Pode falar. Não tem problema.

**Justin:** É que a madeira, tá ligado? Ela dominava o mercado e quando ela viu que o granito tava começando a dominar, começou a inventar fake news.

A visão crítica **(A2 e A5)** que o aluno Dave deu sobre o assunto, mesmo que através de uma brincadeira, fez a turma se conscientizar **(A3)** sobre uma questão ainda não discutida: a econômica. Mesmo sendo mencionada no artigo apresentado e não aprofundada, os alunos ainda não tinham levantado essa hipótese para responder o questionamento que tinha feito a eles.

**Professor:** Teoria interessante.

**Turma:** (Risos)

**Dave:** Falei que era zueira professor.

**Professor:** Não senhor. Olha a reportagem que eu trago pra vocês agora também de 2008. Deem uma lida para discutirmos.

Neste momento, apresento um slide sobre uma reportagem no qual o autor afirma que o alerta dado pelos americanos sobre os possíveis riscos causados pelo granito brasileiro, na verdade tem uma relação muito mais econômica do que científica.

## QUAL A RAZÃO DESSE ALARDE?



**terça-feira, 16 de setembro de 2008**  
**Granito emite radiação?**  
 Matéria recebida da edição da Revista Pedras do Brasil

Por Keith Cattley

Sim, todos os granitos emitem radiação! Surpreso? Pois ficamos mais ainda quando descobrimos que também as cerâmicas, vidros, geladeiras, relógios, batatas, cenouras, animais de estimação, automóveis, enfim quase tudo que existe, emite radiação. A boa notícia é que essa radiação sempre existiu, é totalmente inócua e não vai matar ninguém de câncer ou coisa parecida.

A humanidade convive há milhares de anos com as pedras ornamentais, mas foi preciso que o impressionante crescimento global desse setor incomodasse a concorrência, para que uma campanha cuidadosamente arquitetada, baseada em argumentação inconsistente e falsa, procurasse induzir ao pânico os consumidores norte-americanos, numa flagrante conspiração visando proporcionar ganhos oportunistas àqueles que não têm competência para conquistar por vias retas, maior participação no mercado.

Os principais especialistas em radiação são unânimes em desconsiderar as alegações caluniosas, visto que até as pedras com maiores emissões radioativas, estão muito longe dos limites estabelecidos pela Environmental Protection Agency (EPA) americana. Mas para apavorar consumidores leigos, bastou plantarem artigos maliciosos, gerando dúvidas e sugerindo perigos iminentes. E o estrago já foi feito.

Figura 35: Slide 1 - Reportagem: “Granito emite radiação?” Fonte: <http://fiqueinformadorochas.blogspot.com.br/2008/09/granito-emite-radio.html>



*“Sim: todos os granitos emitem radiação! Surpreso? Pois ficamos mais ainda quando descobrimos que também as cerâmicas, vidros, geladeiras, relógios, batatas, cenouras, animais de estimação, automóveis, enfim quase tudo que existe, emite radiação. A boa notícia é que essa radiação sempre existiu, é totalmente inócua e não vai matar ninguém de câncer ou coisa parecida.”*

*“Os principais especialistas em radiação são unânimes em desconsiderar as alegações caluniosas, visto que até as pedras com maiores emissões radioativas, estão muito longe dos limites estabelecidos pela Environmental Protection Agency (EPA) americana. Mas para apavorar consumidores leigos, bastou plantarem artigos maliciosos, gerando dúvidas e sugerindo perigos iminentes. E o estrago já foi feito.”*

*“Diante do desânimo e contrariedade provocados por esta campanha: num momento em que convivemos com a crise imobiliária americana, o real sobrevalorizado e o rigor regulatório nas questões de transporte, percebemos com surpresa e alegria, que pela primeira vez na história do setor, empresários do mundo inteiro resolveram unir-se para combater o inimigo comum. E dessa aliança nasce uma força de incrível potencial e capacidade de transformação.”*

Figura 36: Slide 2 - Reportagem: “Granito emite radiação?” Fonte: <http://fiqueinformadorochas.blogspot.com.br/2008/09/granito-emite-radio.html>

Após a leitura da reportagem, finalizamos a aula com mais algumas reflexões:

**Cleiton:** Caraca professor. Ele fala aqui que não só o granito emite radiação, mas a cerâmica, as frutas, cenoura. (sic) Tá doido.

**Professor:** Desde que o mundo é mundo.

**Gabriela:** Ah professor, mas esse cara é o presidente do sindicato do setor de rochas ornamentais. Ele não (sic) tá tirando o dele?

**Professor:** Pode até ser, mas lemos reportagens tiradas da internet sem embasamento científico algum e um artigo científico dizendo o oposto. Além do mais, viu que nessa reportagem fala sobre a crise imobiliária dos EUA nessa época? E olha o quanto aprendemos nessa aula. Falamos sobre a estrutura dos átomos, conhecemos os isótopos, falamos sobre desintegração nuclear, sobre as radiações alfa, tudo superficialmente é claro, mas que num outro momento poderemos aprofundar sobre esses assuntos. E volto a afirmar sobre a importância de conhecermos cada uma dessas radiações, compreendendo os riscos e os benefícios que elas possuem e as tecnologias envolvidas em cada caso.

Nesse momento, percebemos ainda o espanto que o aluno Cleiton demonstra ao compreender que todos os objetos/materiais emitem radiação. Acredito que o motivo desse espanto ainda representa o preconceito que ele possui com a radiação e que possivelmente no decorrer das próximas aulas, ele compreenda melhor o conceito. Já a aluna Roberta questiona a veracidade da reportagem, apresentando um posicionamento crítico e reflexivo **(A2)**. Essa visão crítica sobre o assunto estudado, sendo ele científico ou popular, foi um dos objetivos almejados e alcançados nesta aula.

### 3.3 Análise das cartas:

As cartas escritas pelos estudantes foram produzidas 1 (um) mês após o último encontro. Este intervalo longo de tempo ocorrido se deu devido às dificuldades que tivemos ao marcar uma aula no contraturno dos estudantes, pois os mesmos participantes desse projeto de ensino, já estavam comprometidos com outras atividades de ensino realizadas por outros professores. Entendendo que todos os alunos elaboraram uma escrita sobre o conteúdo adquirido **(P5)** ao escreverem as cartas, passamos agora às suas análises:

Essas aulas me ensinaram alguns conceitos básicos referentes a radiação e alguns de suas características. Apesar de ser uma palavra muito presente em meu cotidiano nunca havia parado para pesquisar sobre ela e procurar entender seus efeitos, sejam bons ou ruins.

Uma das partes mais interessantes do projeto foi a abordagem diferenciada feita pelo professor, que nos dava espaço para opinar e aplicar conhecimentos prévios como, por exemplo, a troca de ideias sobre os efeitos dos raios UV na pele e que transformou pelo menos esta parte do projeto em algo interdisciplinar.

Outra parte que me chamou a atenção foi a preocupação em nos guiar para descobrir o porquê de algumas afirmações que para nós eram certas, e realmente estavam certas, mas eram verdades que nós nos preocupamos em justificar com embasamento teórico.

A análise de elementos os quais tenho contato diário me chamou a atenção tal como a troca de informações com os meus colegas. Os livros para o "tem" da radiação me surpreenderam muito. Logo, posso concluir que esse projeto me ajudou a entender situações diárias e criou um senso crítico maior em relação a esse assunto como agora consigo o porquê em alguns casos não causa câncer.

Figura 37: Carta escrita pela aluna Roberta. Fonte: o autor.

Na carta escrita pela aluna Roberta, percebemos a valorização dada à abordagem científica **(A1)** ao mencionar que:

*“Apesar de ser uma palavra muito presente em meu cotidiano nunca havia parado para pesquisar sobre ela e procurar entender seus efeitos, sejam bons ou ruins”.*

Logo em seguida a aluna apresenta um posicionamento reflexivo **(A2)** quando relata sua experiência em participar de um projeto no qual foi valorizado à participação do aluno:

*“Uma das partes mais interessantes do projeto foi a abordagem diferenciada feita pelo professor, que nos dava espaço para opinar e aplicar conhecimentos prévios...”*

Este último relato feito pela aluna Roberta, reforça as ideias de Sasseron quanto à importância do ensino por investigação que adotamos como perspectiva em nossas aulas:

Para possibilitar aos estudantes o desenvolvimento e o uso de raciocínio científico, o ensino por investigação deve considerar tais conhecimentos por meio das informações e conceitos que os estudantes já tenham trabalhado, dos problemas propostos para a investigação, dos modos de interação dos estudantes com o problema e da análise que advém e se sustenta nas interações ocorridas em aula (SASSERON, 2018, p. 1068-1069).

Apresentamos abaixo, a carta escrita pela aluna Luana:

Durante as aulas, discutimos juntamente com o professor sobre os benefícios e riscos da radiação, de forma dinâmica, mostrando o que acreditávamos que seria, e chegando à conclusão juntos.

Aprendemos inicialmente, o conceito de radiação: emissão, propagação de energia de um ponto ao outro, podendo ser classificada em radiação por partículas e eletromagnética - a última pode variar de acordo com a frequência da onda,

podendo ser infravermelha, ultravioleta, gama, ondas de rádio ou a luz visível.

As vezes a palavra "radiação", a maioria das pessoas pensa em coisas ruins, como bombas atômicas, desastres ambientais, doenças genéticas, entre outros. Com essas aulas, percebemos que além dos pontos negativos, a radiação é de grande importância: na área da saúde, usada em raios X, no tratamento de câncer, e em outros procedimentos. A radiação ultravioleta é importante também para a transformação da pró-vitamina D em vitamina D, mas em excesso, essa radiação também é prejudicial, podendo causar mutações, resultando em câncer de pele ou doenças relacionadas.

Figura 38: Carta escrita pela aluna Luana. Fonte: o autor

Nesta carta podemos destacar indícios de apropriações de conceitos científicos adquiridos pela aluna, quando ela faz referência à classificação das ondas quanto à sua natureza e quando ela se refere a frequência das ondas eletromagnéticas, sendo uma grandeza que define o tipo de onda dentro do espectro eletromagnético:

*"... podendo ser classificada em radiação por partículas e eletromagnética – a última pode variar de acordo com a frequência da onda, podendo ser infravermelha, ultravioleta, gama, ondas de rádio ou luz visível."*

Em outro momento, a aluna Luana mostra um posicionamento crítico perante aos usos sociais da radiação (**A2** e **A5**) quando diz:

“Com nossas aulas, percebemos que além dos pontos negativos, a radiação é de grande importância: na área da saúde, usada em raios x, no tratamento de câncer e em outros procedimentos.”

Por fim, apresentamos mais uma carta para o leitor, escrita pelo aluno Valdemar, que apresenta de uma forma bem cordial, como foram as aulas e suas experiências adquiridas:

Valdemar Alves

Olá! Tudo bem? Quem lhe contou como foi a minha experiência nas aulas de Raphael Coelho sobre os benefícios e riscos da radiação. Antes das aulas, eu tinha muitos conceitos acerca de que é a radiação, por isso, em suas aulas, aprendi que pode ser partículas ou ondas eletromagnéticas, as quais agem nas células humanas quando mutações genéticas. Também entendi como o raio X e outras radiações usadas no diagnóstico funcionam, e principalmente que há radiações que são boas e ruins, isto é, conceitos. Eu acho que a radiação não pode ser emitida por determinados elementos, porém estes em grande parte todos emitem. Entendi o porquê de as radiações UVA e UVB atingirem a pele, e como elas penetram nas células. Também sei que eu tinha da radiação ser bem prejudicial, entendi como se possa uma coisa maligna, mas não é bem assim. A radiação também é usada no caso de localização de objetos no caso de mineração também, e que é muito útil. É uma pena que você não pudesse participar deste momento. Foi bem útil, os conhecimentos adquiridos são fascinantes. Também sei muitos detalhes como o caso científico da descoberta do neutrino, o uso da termo, observação - mas não científico, tecnológico e social. Outra coisa que esqueci de mencionar também é que existem vários tipos de radiações (gamma, beta, etc), mais uma informação

Importante que não seja só o uso em física, mas em outros aspectos. De fato, é imprescindível que a sociedade tenha conhecimento sobre isto, principalmente sobre, voluntariamente!

Figura 39: Carta escrita pelo aluno Valdemar. Fonte: o autor

Notamos uma tomada de consciência sobre a mudança de sentido da palavra (conceito) radiação, nas seguintes frases:

*“... eu tinha muitas dúvidas acerca do que é radiação, para mim era apenas uma matéria tóxica aos seres humanos. Mas graças as primeiras aulas aprendi que pode ser partículas ou ondas eletromagnéticas...”*

*“... Eu achava que a radiação só podia ser emitida por determinados elementos, porém estava enganado pois todos emitem.”*

Em outro trecho da carta, percebemos o seu posicionamento perante ao uso social da radiação e suas tecnologias (A5):

*“Podem ser evitadas muitas doenças com a conscientização da sociedade a respeito do tema, abordando-se na visão científica, tecnológica e social.”*

Por meio dos relatos produzidos durante o desenvolvimento da SECTS, verificamos a importância da vinculação do tema abordado com o contexto social em que os sujeitos da pesquisa estão inseridos. Sejam nas discussões sobre as areias monásticas em praias frequentadas por eles, ou sobre as rochas ornamentais extraídas na região onde moram, tivemos a oportunidade de articular o tema sobre os benefícios e riscos das radiações, com o enfoque CTS. Dessa forma, de acordo com Bazzo *et al.* (2007), acreditamos ter contribuído no processo de ensino-aprendizagem dos participantes desta pesquisa, capacitando-o a participar do processo democrático de tomada de decisões em suas vidas.

## Considerações finais

Por meio das análises realizadas neste trabalho, tivemos a oportunidade de demonstrar o desenvolvimento e a validação de uma Sequência de Ensino com Enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade (SECTS) articulada a uma perspectiva investigativa, cujo tema abordado foi o estudo dos benefícios e riscos das radiações. Com a aplicação desta sequência de ensino, verificamos, por meio dos relatos produzidos pelos alunos em seus diários de campo, das análises das gravações realizadas e das cartas produzidas ao final da intervenção, indícios de apropriação de conceitos sobre as principais características das ondas, as energias propagadas por elas, os tipos de radiações existentes, suas aplicações e efeitos. Além disso, verificamos também, no decorrer da intervenção, apropriações de atitudes e procedimentos, como os posicionamentos críticos dos estudantes a respeito das implicações sociais da ciência e suas tecnologias, e a estruturação de ideias por meio de modelos construídos para a interpretação do tema proposto.

Na forma que escolhemos apresentar os temas, por meio das problematizações colocadas, tivemos a oportunidade de trabalhar situações nas quais era apresentada um determinado tipo de radiação, quais conceitos estavam envolvidos e como a sua utilização afetava a sociedade. Foram momentos de grande aprendizagem, nos quais os alunos passaram a assumir um engajamento disciplinar fundamental no processo de construção de conhecimentos na sala de aula.

Relatos analisados e destacados neste trabalho, evidenciam a valorização dada as ideias/construções durante este processo. Os conhecimentos iniciais que cada um possuía sobre o assunto foram valorizados e, dessa forma, conseguimos construir coletivamente, uma nova forma de se pensar sobre a radiação, suas aplicações e seus efeitos.

Encontramos contratempos durante a intervenção deste projeto. Manter os alunos em dois turnos na escola, a falta de recursos financeiros que impossibilitaram alguns de permanecerem até o final do processo e todas as responsabilidades/compromissos que a vida acadêmica impõe aos alunos, foram exemplos dessas dificuldades que passamos. A escolha feita por aplicar esta intervenção na forma de um Projeto de Ensino realizado no contraturno apresentou esses “efeitos colaterais”, mas entendemos que foi a melhor decisão tomada para atender a uma exigência curricular da disciplina de Física que estava ministrando com

eles na época e que não contemplava, em sua ementa, o assunto abordado neste trabalho.

A abordagem CTS adotada na intervenção foi muito bem aceita pelos estudantes. Percebemos que o objetivo deste enfoque na pesquisa foi atingido, ao compreendermos que por meio dela, houve uma contribuição para esclarecimentos de algumas visões negativas sobre “radiação” e pela descoberta de novos conceitos sobre o tema. Além disso, percebermos um amadurecimento dos estudantes, na medida que mostravam comprometimento na solução dos problemas propostos que abordaram ciência, tecnologia e sociedade.

Foi possível constatar por meio dos relatos analisados as visões críticas apresentadas e as reações demonstradas a cada nova descoberta realizada pelos estudantes. Estas atitudes e procedimentos adquiridos por eles nos encontros, sinalizam para a importância de se estudar a ciência e sua relevância social. E esta mudança é sentida em aulas ministradas até nos dias de hoje, pois continuo trabalhando com eles no ano de 2019, lembrando ao leitor que essa intervenção ocorreu nos meses de outubro e novembro de 2018.

Outra contribuição que a articulação entre as abordagens assumidas nessa pesquisa proporcionou ao final deste trabalho, foi a mudança pela qual eu passei. Me refiro a mudanças na forma de planejar, executar e analisar as aulas. Este trabalho me proporcionou, pela primeira vez, planejar criteriosamente cada passo dado nas ações executadas antes, durante e após as aulas. Avaliar qualitativamente todo o processo foi uma das minhas maiores dificuldades, visto que até o início dessa empreitada, era um professor tipicamente conteudista, que avaliava unicamente o conteúdo conceitual adquirido pelos alunos, sempre utilizando os mesmos métodos. Ainda reconheço muitas falhas como docente, mas tenho a certeza que as experiências adquiridas ao longo deste processo me fizeram enxergar possibilidades de melhorias.

Por meio do enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade dado à sequência didática aplicada, foi possível perceber uma melhora na motivação dos alunos em estudar o tema proposto, diferentemente das aulas que ministravam para eles antes de iniciarmos este projeto. Percebo que, na medida em que ficou claro o tema proposto, a importância de dominar os conceitos envolvidos, as mudanças na forma de pensar e agir perante as situações abordadas e entender como a sociedade pode

ser afetada diante essas ações foram motivos fundamentais que possibilitaram essa mudança comportamental.

Para finalizarmos, fico na *esperança* que este trabalho possa contribuir para o ensino de ciências, motivando e orientando a todos os profissionais da área de educação que buscam fazer trabalhos semelhantes a esse.

## Referências

- AGUIAR, O. G. & MORTIMER, E. F. (2005). **Tomada de consciência de conflitos: análise da atividade discursiva em uma aula de ciências**. *Investigações em Ensino de Ciências*, 10 (2), 179-207.
- AIKENHEAD, G. Research into STS science education. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 1, p. 1-21, 2009.
- ALMEIDA Andrey Guilherme Fernandes e. **As idéias balizadoras necessárias para o professor planejar e avaliar a aplicação de uma sequência de ensino investigativa**. 2014 Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Ensino de Ciências (Física Química e Biologia). Universidade de São Paulo. São Paulo. 2014 doi:10.11606/D.81.2014.tde-27042015-145024. Acesso em: 2019-07-26
- ARAÚJO, L. F. S. de; DOLINA, J. V.; PETEAN, E.; MUSQUIM, C. dos A.; BELLATO, R.; LUCIETTO, G. C.. Diário de pesquisa e suas potencialidades na pesquisa qualitativa em saúde. **Revista Brasileira Pesquisa Saúde**, Vitória, Espírito Santo, p. 53-61, jul./set. 2013.
- AZEVEDO, M. C. P. S. **Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula**. *Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática*. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). São Paulo: Pioneira Thomson Learning, p.19-33, 2004.
- BARCELLOS, L. S. . **O Ensino Da Interação Radiação-Corpo Humano Nos Anos Iniciais Do Ensino Fundamental: Uma Abordagem Investigativa E Colaborativa Com Enfoque Ciência, Tecnologia E Sociedade**. 2017. Dissertação (Mestrado em Programa de pós-graduação em Ensino de Física)-Universidade Federal do Espírito Santo.
- BARCELLOS, L. S. ; COELHO, G. R. . **Uma análise das interações discursivas em uma aula investigativa de ciências nos anos iniciais do ensino fundamental sobre medidas protetivas contra a exposição ao Sol**. *Investigações em ensino de ciências (online)*, v. 24, p. 179-199, 2019.
- BARCELLOS, L. S. ; GERVASIO, S. V. ; SILVA, M. A. J. ; COELHO, G. R. . A Mediação Pedagógica de uma Licencianda em Ciências Biológicas em uma Aula Investigativa de Ciências Envolvendo Conceitos Físicos. **Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências**, p. 37-65, 2019.
- BAZZO, W. A. **Ciência, Tecnologia e Sociedade: e o contexto da educação tecnológica**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1998.
- BAZZO, W. A.; LINSINGEN, I. V.; PEREIRA, L. T. V. **Introdução aos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)**. Madri, Espanha : OEI (Organização dos Estados Ibero-americanos), 2003a.
- BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Portugal: Porto Editora, 1994.

BONATTO, A., BARROS, C. R., GEMELI, R. A., LOPES, T. B., & FRISON, M. D. (2012). **Interdisciplinaridade no Ambiente Escolar**. Região Sul, Brasil.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2017.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, 1998.

CARVALHO, A. M. P. **A pesquisa no ensino, sobre o ensino e sobre a reflexão dos professores sobre seus ensinios**. Educação e Pesquisa (USP), São Paulo, v. 28, n.2, p. 57-67, 2002.

CARVALHO, A. M. P. et al. **Ciências no Ensino Fundamental: O Conhecimento Físico**. 1. ed. São Paulo: Scipione, 1998.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 765-794, 15 dez. 2018.

CARVALHO, A. M. P. **O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas**. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (org.). Ensino de Ciências por Investigação: Condições para Implementação em Sala de Aula. São Paulo: Cengage Learning, p. 1-20. 2013.

COELHO, G. R.; AMBRÓZIO, R.M. . O Ensino por investigação na formação inicial de professores de Física: Uma experiência do Residência Pedagógica de uma Universidade Pública Federal. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, p. 490-513, 2019.

CRUZ, S. M. S. C.; ZYLBERSZTAJN, A. **O enfoque ciência, tecnologia e sociedade e a aprendizagem centrada em eventos**. In: PIETROCOLA, M. (org.). Ensino de Física: conteúdo e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001. p. 171-196.

DAMIANI, M. F.; ROCHEFORT, Renato S. ; CASTRO, Rafael Fonseca ; DARIZ, Marion R. ; PINHEIRO, S. N. S. **Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica**. Cadernos de Educação (UFPEL), v. 45, p. 57-67, 2013.

DEMUNER, L. **Estudo de recuperação de nascente de água no Ensino Médico público: uma educação ambiental com enfoque CTS/CTSA**. 25 de fevereiro de 2019. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática). Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática. Instituto Federal do Espírito Santo. Vitória – Espírito Santo, 2019 - 209 p.

GARCÍA, M. I. G.; CEREZO, J. A.L. & LUJÁN, J. L. **Ciencia, tecnologia y sociedad. Una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología**. Madrid: Tecnos, 1996.

GAVIOLI, Y. S.; CESAR, J.; Ribeiro, R. C. **Emissão de Radônio em Rochas Ornamentais**. In: XVII Jornada de Iniciação Científica do CETEM/MCT, 2009, Rio de Janeiro, RJ. XVII Jornada de Iniciação Científica do CETEM/MCT, 2009.

GIL-PÉREZ, D. e CASTRO, P. V. **La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo**. Enseñanza de las Ciencias, Barcelona, v.14, n.2, 155-163. 1996.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: Óptica e Física Moderna**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. 4 v.

IGLESIA, P. M. **Una revisión dei movimiento educativo Ciencia-Tecnología-Sociedad**. Enseñanza de las Ciencias. Barcelona, v.15. n.1. p.51-57. 1997.

KLEIN, A. M. **Projetos de vida e escola: a percepção de estudantes do ensino médio sobre a contribuição das experiências escolares aos seus projetos de vida**. 2011. 292 p. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

LEITE, V. L. **O Estudo das Diversas Formas de Produção de Energia em uma Abordagem CTSA: Buscando Indícios de Alfabetização Científica de Estudantes do Ensino Médio**. 2016. 163 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2016.

LEWIN, A. M. F., LOMÁSCOLO, T. M. M., La metodologia científica en la construcción de conocimientos, **Revista Brasileira de Ensino de Física** 20, 147-154 (1998).

MACEDO, E. Base Nacional Curricular Comum: novas formas de sociabilidade produzindo sentidos para educação. **Revista e-Curriculum**, São Paulo, v. 12, n.3. p. 1530-1555, 2014.

MAUÉS, E. R. C.; LIMA, M. E. C. C. **Ciências: atividades investigativas nas séries iniciais**. Presença Pedagógica, Belo Horizonte, v. 72, n. 6, p 34-43, dez. 2006.

MORTIMER, E. F., & SCOTT, P. H. (2002). **Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino**. Investigações em Ensino de Ciências, 7(3), 283-306. Recuperado de <https://www.if.ufrs.br/cref/ois/index.php/ienci/article/view/562/355>

MUNFORD, D.; LIMA, M.E.C.C. **Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo?** Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 9, n. 1, p. 89-111, 2007.

OKUNO, E. **Efeitos biológicos das radiações ionizantes. Acidente radiológico de Goiânia**. Estud. av. vol.27 no.77 São Paulo 2013.

OKUNO, E.; YOSHIMURA, E. **Física das Radiações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

OLIVEIRA, D. Q. DE; GONÇALVES, F. P. Usina: Articulações entre Ensino, Literatura e Interações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.** (Belo Horizonte), Belo Horizonte, v. 21, e10568, 2019. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1983-21172019000100315&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172019000100315&lng=en&nrm=iso)>. access on 22 Aug. 2019. Epub July 01, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172019210113>.

PEDROSO, M. A. **As Contribuições da Articulação entre o Ensino por Investigação e o Enfoque CTS para o Desenvolvimento de Conceitos de Física Moderna no Ensino Médio.** 2017. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2017.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. **Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio.** *Ciência e Educação*, Bauru, [online], vol.13, n.1, pp. 71-84, 2007.

PINHEIRO, N. A., SILVEIRA, R. M. F. E BAZZO, W. A. **O enfoque CTS no ensino médio.** In: V ENPEC. Bauru, 2005.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico.** 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

ROCHA, M. & AGUIAR, K. (2003). **Pesquisa-intervenção e a produção de novas análises.** [Versão eletrônica]. *Psicologia, Ciência e Profissão*, 23(4), 64-73.

SÁ, E. F. de; PAULA, H. de F; LIMA, M. E. C.; AGUIAR, O. G. de. **As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso de especialização em ensino de ciências.** In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, 6, Florianópolis, SC, Atas..., 2007.

SÁ, E. F.; LIMA, M. E. C. C.; AGUIAR JUNIOR, O. **A construção de sentidos para o termo Ensino por Investigação no contexto de um curso de formação.** *Investigações em Ensino de Ciências*. v. 16, n. 1, p. 79-102, 2011.

SANTOS, A. de O. S. **Educação CTS/CTSA a partir de diálogos além da sala de aula: debates sobre a produção artesanal de mel no Ensino Médio público na cidade de Guaçuí – Espírito Santo.** 21 de dezembro de 2018. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática). Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática. Instituto Federal do Espírito Santo. Vitória – Espírito Santo, 2018 - 146 p.

SANTOS, W. L. P. **Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica.** *Ciência & Ensino*, Campinas, v. 1, n.esp., p. 1-12, 2007.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. **Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência - Tecnologia - Sociedade) no contexto da educação**

**brasileira**. Revista Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciência, vol. 2, n. 2, dezembro, 2002.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. **Tomada de Decisão para ação social responsável no ensino de ciências**. Ciência & Educação, Bauru, v.7, n.1, p.95-111,2001.

SASSERON, L. H. **Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: relações entre ciências da natureza e escola**. Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (Online), v. 17, p. 49-67, 2015.

SASSERON, L. H. Ensino de ciências por investigação e o desenvolvimento de práticas: uma mirada para a Base Nacional Comum Curricular. **Referência**, v. 18, n. 3, p. 1061-1085, 2018.

SEARS, F. W.; ZEMANSKY, M. W.; YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física IV - Ótica e Física Moderna** 12. ed. São Paulo, SP: Pearson Addison Wesley, c2008-2009 vol. 4.

SILVA, E. D. da. **Física Nuclear, uma Abordagem Introdutória para o 9º Ano do Ensino Fundamental (Roda de Leitura e Jogo de Tabuleiro)**. 2018. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, 2018.

SOUZA, R. B. **Interação das Radiações Eletromagnéticas com a Matéria: Conceitos de Física Moderna propelidos por Jogos Pedagógicos em um Pano de Fundo Clássico**. 2017. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Universidade Estadual do Sudeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2017.

TIPLER, Paul A.. **Física para cientistas e engenheiros: Física Moderna: Mecânica Quântica, Relatividade e a Estrutura da Matéria**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000. 3 v.

YOSHIMURA, E. M. Física das Radiações: interação da radiação com a matéria. **Revista Brasileira de Física Médica**. 2009; 3(1):57-67.

ZEICHNER, K. M.; DINIZ-PEREIRA, J. E. (2005). Pesquisa dos educadores e formação docente voltada para a transformação social. **Cadernos de Pesquisa**, v. 35, n. 125, p.63-80, maio/ago. 2005

## Apêndice I

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) para participar, como voluntário(a), do Projeto de Pesquisa sob o título “**Um Estudo Sobre Os Benefícios E Riscos Das Radiações Com Enfoque CTS Articulado À Perspectiva Investigativa**”. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa, você não sofrerá qualquer tipo de penalidade, de forma alguma. Em caso de dúvida sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com qualquer um dos responsáveis pela pesquisa: prof. Raphael Furtado Coelho; e-mail: rcoelho@ifes.edu.br e com o orientador da pesquisa prof. Dr. Geide Rosa Coelho (UFES) pelo telefone: (27) 4009-2543, e-mail: geidecoelho@gmail.com.

Nesse trabalho, buscamos entender como os alunos se comportam, interagem, adquirem procedimentos típicos da ciência e constroem conhecimentos no processo ensino-aprendizagem ao estudarem os benefícios e riscos sobre o uso das radiações em diversas áreas na sociedade, sob o enfoque investigativo. O trabalho será desenvolvido pelo professor Raphael Furtado Coelho, professor da disciplina de Física do IFES – Campus Cachoeiro de Itapemirim, e aluno do mestrado profissional em ensino de Física, pela Universidade Federal do Espírito Santo. A produção de dados será feita na escola (IFES) durante as aulas que poderão ser gravadas em vídeo e/ou áudio e, posteriormente, que serão utilizadas unicamente com o intuito desta pesquisa, não havendo qualquer repasse a terceiros para efeito comercial/financeiro. Haverá também produção de dados na forma de textos, dissertações e desenhos desenvolvidos por vocês durante as aulas.

Esclarecemos ainda que não haverá nenhum tipo de pagamento ou gratificação financeira pela sua participação. Garantimos também sigilo que assegura a sua privacidade quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa. E reiteramos mais uma vez que você tem toda liberdade de se recusar a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado.

#### CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO DA PESQUISA

Eu, \_\_\_\_\_, abaixo assinado, concordo em participar do estudo como sujeito. Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo pesquisador Raphael Furtado Coelho sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios, caso existam, decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Local e data \_\_\_\_\_, \_\_\_\_ de Outubro de 2018.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do participante

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Professor Responsável

Eu, Raphael Furtado Coelho, obtive de forma voluntária o **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido** do sujeito da pesquisa ou representante legal para a participação da pesquisa.

\_\_\_\_\_  
(Aluno: \_\_\_\_\_)

Raphael Furtado Coelho

Uma proposta  
didática para  
o estudo dos  
benefícios e riscos  
das radiações

Sequência de Ensino  
com Enfoque CTS  
articulada à  
Perspectiva Investigativa

## Introdução

Apresentamos neste momento, uma Sequência de Ensino com enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade (SECTS), que foi articulada a uma perspectiva investigativa (CARVALHO, 2013) e desenvolvida com estudantes da primeira série do curso Técnico em Informática Integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Cachoeiro de Itapemirim. A partir deste material, teremos a oportunidade de abordar conceitos básicos sobre as radiações, mediante à realização de estudos sobre os benefícios e riscos gerados por elas. Esta sequência de ensino, apresentando pressupostos da abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), possibilita o professor articular conceitos da Física como radiação ionizante e não ionizante, decaimento radioativo, energia da radiação eletromagnética e corpuscular, entre outras, com temas de relevância sociocientífico.

Chamamos de “encontro”, cada momento em que nos reunimos com os alunos para aplicação da SECTS, com duração de aproximadamente 2 horas. Os encontros foram realizados no contraturno, dos quais buscamos avaliar indícios de aprendizagens atitudinal, procedimental e conceitual dos estudantes (POZO; GOMEZ-CRESPO, 2009). Dessa forma, planejamos esses momentos de acordo com os quesitos apresentados abaixo:

- Objetivos
- Contextualização/Problematização
- Materiais Utilizados
- Situação-Problema
- Metodologia
- Detalhes Críticos da Aula
- Sugestões de Avaliação

Na concepção do autor, esta Sequência de Ensino pode ser trabalhada por professores de Ensino Fundamental ou Médio que lecionam disciplinas como Ciências, Física Química e Biologia, visto que os conceitos sobre radiação são básicos, mas que através do enfoque CTS articulado à perspectiva investigativa, torna-se um material de grande ajuda para introduzir importantes conceitos nessas áreas das ciências citadas.

O leitor encontrará sugestões de metodologia que foi utilizada na aplicação desse material, mas cada um poderá e deve fazer adaptações à sua realidade e a dos estudantes que venham à participar desse processo. Além disso, buscamos detalhar momentos críticos que ocorreram durante as aulas para passarmos as experiências que foram vivenciadas e que achamos pertinentes serem compartilhadas. Esperamos que vocês gostem do material e que façam bom uso dele. Um forte abraço.

## Referencial Teórico

### Enfoque CTS na educação

Formar cidadãos conscientes capazes de distinguir o certo do errado, o “fake” do verdadeiro, o moral do imoral, é uma tarefa difícil atualmente. E o acesso fácil e ilimitado da internet com seus vídeos, reportagens e documentários, têm contribuído em muitos casos com uma leitura acrítica sobre as informações que são disponibilizadas diariamente para a sociedade. Temos acesso a um “mundo” de informações no qual não conseguimos em muitas situações, compreender e disseminar esses conhecimentos adquiridos de uma forma correta e ética, não importando a área de atuação. Seja nas ciências e suas tecnologias, nas engenharias, ciências sociais, artes ou medicina, o cidadão deve sempre questionar e refletir sobre como atuamos no meio em que vivemos. E para termos essa capacidade de entendimento e atuação, a educação por meio de CTS está relacionada ao uso social do conhecimento científico, emponderando os estudantes na busca de informações sobre as ciências e tecnologias da vida moderna, para que possam ser capazes de analisar, julgar e tomar decisões em suas vidas (GARCÍA, CEREZO e LUJÁN, 1996).

Ensinar ciência e tecnologia com um enfoque CTS é relacionar os conteúdos vistos nas disciplinas com futuras atividades que serão exercidas pelos estudantes, seja no papel de um consumidor, cidadão ou profissional. É compreender os aspectos que organizam um currículo escolar e construir de forma coletiva a aula e os espaços de aprendizagem, onde se possam ter momentos de reflexão sobre os processos científico-tecnológicos reais.

De acordo com Santos e Mortimer (2002), o enfoque CTS em aulas de ciências pode ser trabalhado como elemento de motivação, tornando as aulas mais interessantes. A abordagem pode ser desenvolvida tanto eventualmente nos conteúdos programáticos do ensino tradicional, sendo incorporados tópicos acrescidos de pequenos estudos, como também ser o foco principal do currículo. Nesse caso, uma questão tecnológica ou sociocientífica relevante, seria abordada em sala de aula e o conteúdo relevante de ciência seria trabalhada para o entendimento da determinada tecnologia ou temática, e não vista de forma sistêmica como é de costume.

Os materiais desenvolvidos com enfoque CTS devem potencializar a responsabilidade social nos alunos; contemplar a relação ciência-tecnologia-sociedade; abranger diversos pontos de vista sobre um tema; incentivar os estudantes à tomada de decisões para solução de problemas e buscar a capacidade de compreensão e manipulação das ciências com um propósito nobre. E para isso, devemos sempre ter em vista se esses materiais se encaixam em suas realidades, se os motivam e se são relevantes para suas vidas (IGLESIA, 1997).

### **O Ensino por Investigação**

De geração para geração a sociedade sofre mudanças significativas e como é de se esperar, a educação passa também por esse processo. Com o avanço da tecnologia e da informação, o conhecimento produzido aumentou exponencialmente e é praticamente impossível uma pessoa saber tudo sobre todas as coisas. Mediante a essa realidade, é necessário se preocupar com a forma de como o conhecimento é obtido (sem esquecer do próprio conteúdo), se preocupando mais com a qualidade do que com a quantidade de conhecimento (CARVALHO, 2013).

Tentando fugir de uma aula centrada no professor (o qual é o único agente ativo) e de alunos que se limitam apenas a copiar do quadro, o ensino por investigação surge como uma importante estratégia de ensino de modo que através dela podemos realizar mudanças nos quais alunos e professores são inseridos diretamente em uma relação na qual compartilham a responsabilidade pela construção do conhecimento científico (MAUÉS E LIMA, 2006). O professor precisa criar condições para que seus alunos tenham oportunidades de pensar sobre os conceitos científicos, construir argumentações de uma forma coletiva e serem capazes de criticar e apontar possíveis soluções para os problemas apresentados (CARVALHO, 2018). Contribuindo nessa discussão, Sasseron considera que:

[...] o ensino por investigação extravasa o âmbito de uma metodologia de ensino apropriada apenas a certos conteúdos e temas, podendo ser colocada em prática nas mais distintas aulas, sob as mais diversas formas e para os diferentes conteúdos. Denota a intenção do professor em possibilitar o papel ativo de seu aluno na construção de entendimento sobre os conhecimentos científicos. Por esse motivo, caracteriza-se por ser uma forma de trabalho que o professor utiliza na intenção de fazer com que a turma se engaje com as discussões e, ao mesmo tempo em que travam contato com fenômenos naturais, pela busca de resolução de um problema, exercitam práticas e

raciocínios de comparação, análise e avaliação bastante utilizadas na prática científica (SASSERON, 2015, p. 58).

Ao se planejar uma atividade investigativa devemos nos preocupar se realmente ela possui essa natureza, causando uma mudança significativa no comportamento do aluno em sala de aula. Através dessas atividades os alunos deverão se sentir desafiados e motivados a questionar mais as “verdades ditas pelo professor”, selecionar ideias e teorias para interpretar resultados (LEWIN & LOMASCÓLO, 1998).

Para Gil e Castro (1996), o ensino por investigação auxilia na compreensão de conceitos científicos na medida que potencializam ações que também são trabalhadas em atividades científicas. Dentre elas podemos citar a apresentação de situações problemáticas abertas; o favorecimento à reflexão dos estudantes sobre a relevância e o possível interesse das situações propostas; potencializar análises qualitativas significativas que ajudam na compreensão das situações planejadas; ressaltar a dimensão coletiva do trabalho científico, entre outras.

Dessa forma os alunos terão a oportunidade de aprender a questionar, investigar e se comunicar a ponto de evoluir seu pensamento crítico. Tornar-se capaz de solucionar problemas, compreendendo melhor a relação ciência-tecnologia-sociedade, é um atributo importante que as atividades investigativas oferecem para a sua formação científica.

## 1º Encontro – A radiação na visão do aluno

### OBJETIVO

Identificar os conhecimentos prévios que os alunos possuem sobre radiação e as suas fontes.

### CONTEXTUALIZAÇÃO/PROBLEMATIZAÇÃO

Não houve.

### MATERIAIS UTILIZADOS

- Pincel
- Lousa
- Datashow
- Computador

### SITUAÇÃO PROBLEMA

Não houve

### SUGESTÃO DE METODOLOGIA

A aula se inicia com a palavra **RADIAÇÃO** no quadro (ou Datashow). Peço aos estudantes que escrevam em seus diários de campo, o que essa palavra transmite para eles e em seguida, se iniciará uma discussão sobre as respostas dadas. Nesse momento, confrontamos as ideias a fim identificar os conhecimentos prévios sobre o assunto.



**O que essa palavra transmite a você?**

Figura 1: "Slide da apresentação de PowerPoint passado na primeira aula." Fonte: o autor.

Após a discussão, é apresentada uma série de imagens para que eles façam um registro daquelas que emitem radiação. São imagens de objetos como por exemplo: telefone celular, água mineral, areia, granito, aparelhos de Raios-x e o Sol. Questiono sobre qual dos objetos eles identificam como emissores de radiação e quais não possuem essa característica. Após a fala dos alunos, discutimos sobre as respostas dadas.



Figura 2: Slide apresentado para identificação das fontes de radiação. 1) Máquina de Raios-X. 2) Aparelho celular. 3) Areia de praia. 4) Água Mineral. 5) Granito. 6) O Sol. Fonte: o autor.

Em seguida, é apresentada à turma um vídeo sobre a radiação das areias monazíticas, para que os estudantes neste momento, possam compreender que apesar da alta emissão de radiação proveniente delas, não causa malefícios à saúde.

## AREIA MONAZÍTICA



Figura 3: Vídeo intitulado “Guarapari, pior que Fukushima e Chernobyl”. Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=1TbJNMpopag>

### DETALHES CRÍTICOS DA AULA

À princípio, esta aula não teve como objetivo principal, a verificação das aprendizagens atitudinal, procedimental e conceitual. Ela foi planejada apenas para constatar o entendimento básico que os estudantes possuíam sobre radiação e suas fontes. Porém, no decorrer da aula, discussões sobre o tema possibilitaram a verificação dessas aprendizagens e tivemos a oportunidade de constatar posicionamentos críticos perante ao uso social da radiação, a apropriação de conceitos sobre: energia, frequência de uma onda, comprimento de onda, o

espectro eletromagnético, além de inferências e formulações de hipóteses realizadas pelos estudantes ao longo das discussões que foram fomentadas. Nas figuras 1, 2 e 3, apresentadas nesta “Sugestão de Metodologia”, continham pequenas imagens de uma explosão nuclear e do símbolo da radioatividade. Ambas foram retiradas da apresentação deste produto educacional, por entendemos que elas poderiam influenciar os estudantes em seus julgamentos sobre o tema, distanciando do objetivo intentado de acessar as concepções prévias dos estudantes sobre o tema.

### SUGESTÃO DE AVALIAÇÃO

- Produção de textos em diários de campo.
- Participação dos alunos nas discussões.

## 2º Encontro – A radiação das rochas ornamentais

### OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

**ATITUDINAL:** Valorizar a abordagem científica de um problema; apresentar posicionamento crítico e reflexivo diante da situação problematizada; buscar cooperação e solidariedade entre os pares, na busca da compreensão e na resolução dos problemas; buscar significados e sentidos no entendimento da ciência; apresentar posicionamento crítico à respeito das implicações sociais da ciência e suas tecnologias.

**PROCEDIMENTAL:** Estruturar ideias por meio de linguagem escrita ou linguagem oral; utilizar modelos para interpretar o tema proposto; formular hipóteses; realizar inferências; elaborar escrita sobre o conteúdo adquirido.

**CONCEITUAL:** Compreender a radiação emitida por rochas ornamentais, através da mobilização de conceitos sobre radiação ionizante por partículas e decaimento de materiais radioativos, analisando os possíveis riscos à saúde provocados pela sua exposição.

### CONTEXTUALIZAÇÃO/PROBLEMATIZAÇÃO

Considerado um produto nobre para decoração de interiores e exteriores, o granito possui vantagens que vão do requinte e beleza que conferem aos ambientes, à durabilidade e facilidade de limpeza. Porém ele possui uma desvantagem: emite radiação!

### MATERIAIS UTILIZADOS

- Pincel
- Lousa
- Datashow
- Computador

### SITUAÇÃO PROBLEMA

A exposição prolongada à radiação proveniente do granito pode causar algum risco à saúde?

### SUGESTÃO DE METODOLOGIA

A aula se inicia com uma reportagem (<http://www.viagensebeleza.com/2016/06/a-maior-e-mais-bela-estacao-ferroviaria.html>) sobre a estação ferroviária Grand Central Terminal, localizada em Manhattan, NY, considerada a maior do mundo em número de plataformas. O texto traz, além de informações turísticas e arquitetônicas, algumas curiosidades interessantes, como relógios adiantados para os passageiros não perderem as partidas dos trens e informações sobre níveis elevados de radiação detectados nessa estação, que ultrapassam até mesmo aos das usinas nucleares.

Após a leitura do material, pedimos aos alunos que reflitam sobre a questão proposta a seguir e que respondam em seus diários de campo. A questão levantada foi: “A exposição prolongada à radiação proveniente do granito pode causar algum risco à saúde?”. Após os registros, discutimos os argumentos e as hipóteses criadas por eles.

Em seguida, é apresentada à turma uma notícia do site da News Medical Life Sciences (<https://www.news-medical.net/news/2008/07/30/22/Portuguese.aspx>), no qual o professor de física da Universidade de Rice, Wj Llope, alerta sobre bancadas de granito importadas do Brasil contendo uma grande quantidade de urânio, que poderia assim, trazer riscos à saúde. A reportagem foi lida pelos alunos e debatemos sobre a veracidade das informações trazidas por ela, mediante aos conhecimentos prévios que os alunos possuíam e os adquiridos no último encontro que tivemos.

Se opoendo à reportagem mencionada anteriormente, analisamos um trabalho publicado na XVII Jornada de Iniciação Científica do CETEM/MCT, produzido pela aluna Yasmin Soares Gavioli, na qual apresenta ao leitor uma pesquisa feita pela Comissão de Energia Nuclear (<http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/484/1/15-Yasmin%20Soares%20Gavioli.pdf>), por meio do Centro de Tecnologia Mineral – Espírito Santo (CETEM-ES). Esse estudo foi pedido por organizações representativas do setor de rochas ornamentais, solicitando auxílio quanto à avaliação de níveis de radiação em rochas ornamentais brasileiras, exportadas para os EUA e utilizadas como material de revestimento em residências. Durante a leitura desse trabalho, tivemos a oportunidade de abordar conceitos físicos sobre radiação ionizante, decaimento de elementos químicos, tempo de meia-vida dos materiais, etc.

Após essa discussão, a turma teve acesso a uma reportagem (<http://fiqueinformadorochas.blogspot.com.br/2008/09/granito-emite-radio.html>), na qual o autor afirma que o alerta dado pelos americanos sobre os possíveis riscos causados pelo granito brasileiro, na verdade tem uma relação muito mais econômica do que científica.

### DETALHES CRÍTICOS DA AULA

Neste encontro, optamos por problematizar com os estudantes, que nem toda informação pesquisada na internet condiz com a verdade. Apresento uma reportagem na qual os envolvidos aparentam passar informações fidedignas, mas quando passamos a buscar informações científicas sobre o assunto, começamos a

ver os contrastes entre elas e que a verdade científica sobre o assunto é mascarada por motivos econômicos.

#### SUGESTÃO DE AVALIAÇÃO

- Produção de textos em diários de campo.
- Participação dos alunos nas discussões.

### 3º Encontro – Um novo olhar para a radiação ultravioleta

#### OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

**ATITUDINAL:** Valorizar a abordagem científica de um problema; apresentar posicionamento crítico e reflexivo diante da situação problematizada; buscar cooperação e solidariedade entre os pares, na busca da compreensão e na resolução dos problemas; buscar significados e sentidos no entendimento da ciência; apresentar posicionamento crítico à respeito das implicações sociais da ciência e suas tecnologias.

**PROCEDIMENTAL:** Estruturar ideias por meio de linguagem escrita ou linguagem oral; utilizar modelos para interpretar o tema proposto; formular hipóteses; realizar inferências; elaborar escrita sobre o conteúdo adquirido.

**CONCEITUAL:** Identificar e classificar as ondas eletromagnéticas; diferenciar radiações emitidas por campos eletromagnéticos e por partículas; entender como a energia que a radiação ultravioleta transporta pode afetar a saúde da pele.

#### CONTEXTUALIZAÇÃO/PROBLEMATIZAÇÃO

A Radiação Ultravioleta (R-UV) possibilita a síntese de vitamina D na pele humana trazendo benefícios à saúde, como a redução do nível de estresse oxidativo dos músculos, fortalecimento dos ossos, prevenção da diabetes, obesidades e de doenças cardíacas. Todavia, quando a exposição é elevada, ela pode causar danos como o câncer de pele. Mas será que a radiação ultravioleta tem mais a nos oferecer além de vitaminas e melanomas?

#### MATERIAIS UTILIZADOS

- Pincel
- Lousa
- Datashow
- Computador

#### SITUAÇÃO PROBLEMA

A radiação ultravioleta pode ser usada em tratamentos de doenças?

#### SUGESTÃO DE METODOLOGIA

A aula se inicia com uma leitura de um artigo publicado na Revista Brasileira de Climatologia (<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/36764/22580>), pela Doutora Márcia Maria Fernandes de Oliveira, no qual podemos encontrar informações sobre os benefícios causados pela exposição à radiação ultravioleta e os riscos que ela pode trazer à saúde.

Após a leitura desse artigo, questiono aos estudantes, como eles se relacionam com essa radiação. Se eles já ouviram falar, se usam algum tipo de proteção, se conhecem alguém que teve alguma doença relacionada, e um debate será levantado nesse momento: “Os benefícios valem os riscos”? Durante a discussão, fiquei atento para a possibilidade de abordar conceitos científicos sobre radiação ultravioleta. Como elas são produzidas e propagadas, os tipos de radiação (UVA, UVB e UVC), além de ter uma boa oportunidade de fazer com que os estudantes entendam que esse tipo de radiação (não ionizante) se difere da radiação (ionizante) estudada na aula anterior, esclarecendo que nem toda radiação ionizante é prejudicial e as não-ionizantes são inofensivas.

Em seguida abordamos o tema sobre Fototerapia. A intenção é mostrar como a radiação ultravioleta pode ser útil em tratamentos medicinais como a icterícia em recém-nascidos e doenças de pele como a psoríase e o vitiligo. Vídeos, reportagens e artigos sobre esse tipo de tratamento são apresentados e discutidos, a fim de que possamos no final dessa aula, ampliar os conhecimentos e compreensões sobre o assunto, não ficando limitado apenas em informações sobre os malefícios que essa radiação pode causar.



#### Tratamento para vitiligo e psoríase com Fototerapia UVB

Figura 4: “Vitiligo e Psoríase”. Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=pfM8wZdDYAE>

#### DETALHES CRÍTICOS DA AULA

Neste encontro, os estudantes levantaram muitas hipóteses e fizeram muitas indagações sobre como a radiação ultravioleta afeta a saúde da pele. Um estudo aprofundado sobre interação radiação x corpo humano, é aconselhável para o planejamento desta aula.

#### SUGESTÃO DE AVALIAÇÃO

- Produção de textos em diários de campo.

- Participação dos alunos nas discussões.

## 4º Encontro – Os Raios-X

### OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

**ATITUDINAL:** Valorizar a abordagem científica de um problema; apresentar posicionamento crítico e reflexivo diante da situação problematizada; buscar cooperação e solidariedade entre os pares, na busca da compreensão e na resolução dos problemas; buscar significados e sentidos no entendimento da ciência; apresentar posicionamento crítico à respeito das implicações sociais da ciência e suas tecnologias.

**PROCEDIMENTAL:** Estruturar ideias por meio de linguagem escrita ou linguagem oral; utilizar modelos para interpretar o tema proposto; formular hipóteses; realizar inferências; elaborar escrita sobre o conteúdo adquirido.

**CONCEITUAL:** Compreender a radiação eletromagnética ionizante; ponderar sobre os riscos que sua exposição causa; conhecer as diversas aplicações dos raios X.

### CONTEXTUALIZAÇÃO/PROBLEMATIZAÇÃO

Quem nunca precisou “tirar” uma radiografia ou “bater” uma “chapa”? É um exame tranquilo, rápido e indolor. Nas primeiras décadas do século XX, a utilização dos raios X se concentrou em aplicações na medicina, principalmente no diagnóstico de imagens de fraturas nos ossos. Mas essa radiação tem outras aplicações?

### MATERIAIS UTILIZADOS

- Pincel
- Lousa
- Datashow
- Computador

### SITUAÇÃO PROBLEMA

Além das salas de radiografias, onde mais os raios X se encontram?

### SUGESTÃO DE METODOLOGIA

A aula se inicia com um texto retirado no site do AbcMed (<http://www.abc.med.br/p/exames-e-procedimentos/348354/radioterapia+o+que+e+quando+usar+quais+os+resultados+esperados+quais+os+efeitos+adversos+o+que+fazer+para+evita+los.htm>), que traz informações sobre radioterapia. O objetivo é mostrar que na medicina, os Raios-X não são utilizados apenas em diagnoses (radiografias e tomografias computadorizadas), mas também em terapias. Temas propícios para introdução de conceitos científicos como ionização, absorção, atenuação, energia, frequência e ressonância, são abordados nessa leitura.

Em seguida, é apresentado aos estudantes, um trecho de uma dissertação intitulada “O Ensino de Física Moderna com Enfoque CTS: Uma Proposta Metodológica para o Ensino Médio usando o Tópico Raios-X”, do aluno Fábio Ferreira de Oliveira. Nele encontramos relatos de aplicações dos Raios-X em indústrias automotiva e

aeronáutica, na agricultura, na saúde e segurança. O propósito foi de após termos analisado o texto sobre radioterapia, verificarmos se os estudantes conseguiriam compreender como seria a aplicabilidade dos Raios-X nessas áreas.

### DETALHES CRÍTICOS DA AULA

Para essa aula, me preparei para questionamentos sobre como o tumor é afetado pela radiação, para quais tipos de câncer o tratamento é indicado, e até mesmo sobre o que os pacientes sentem. Por isso um bom estudo prévio sobre o assunto deverá ser feito, não com o objetivo de dar respostas, mas para orientá-los à conclusões plausíveis sobre suas dúvidas.

### SUGESTÃO DE AVALIAÇÃO

- Produção de textos em diários de campo.
- Participação dos alunos nas discussões.

## Textos para o 2º Encontro: “A radiação das rochas ornamentais”

### Texto 1:



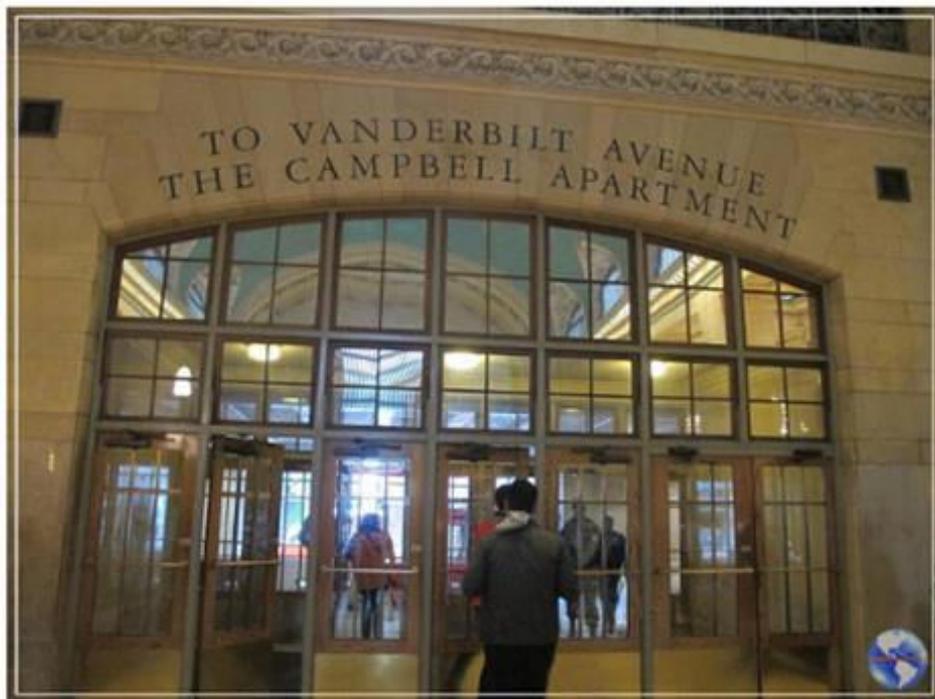
### A maior e mais bela estação ferroviária do mundo: Grand Central Terminal!

O **Grand Central Terminal** é um terminal de trens e metrô de Nova York (localizado em Manhattan), considerado o maior do mundo em número de plataformas, com 44 plataformas em dois níveis e 67 trilhos. São 41 linhas no nível superior e 26 linhas no nível inferior.



#### **Uma das 10 atrações turísticas mais visitadas do mundo**

Todos os dias, cerca de 150 mil pessoas utilizam o sistema e, anualmente, mais de 22 milhões de pessoas, principalmente turistas, visitam a estação, colocando-a na lista das 10 atrações turísticas mais visitadas do mundo!



O primeiro terminal, de 1871, chamava-se **Grand Central Station**, mas começou a ser reconstruído em 1903. A obra demorou 10 anos e ficou pronta em fevereiro de 1913, quando teve seu nome alterado para **Grand Central Terminal**.



Mas ainda hoje, pouca gente o chama pelo nome atual, ainda se referindo a ele, carinhosamente, como **Grand Central Station**. Este agora é o nome oficial da estação de correios, localizada próxima ao terminal.



Todo o edifício do **Grand Central Terminal** tem detalhes belíssimos e, na sua construção foi utilizado uma grande quantidade de granito que, por conta disso, emite sinais elevados de radiação.

### **Referência:**

BOGLIATO, Ana Maria (Ed.). **A maior e mais bela estação ferroviária do mundo: Gran Central Terminal!** 2016. Disponível em: <<https://www.viagensebeleza.com/2016/06/a-maior-e-mais-bela-estacao-ferroviaria.html>>. Acesso em: 02 set. 2018.

## Texto 2:

Cientista alerta sobre granito bancada e radiação

---

# Cientista alerta sobre granito bancada e radiação

Jul 30 2008

## **Um cientista em que os EUA emitiram uma advertência sobre o uso de tops bancada em granito.**

Professor de física WJ Llope sugeriu que algumas bancadas de granito têm grandes quantidades de urânio que poderia criar um risco de saúde para os seres humanos.

O professor da Universidade Rice diz radiação gama e gás radônio produzido por pedras, rica em urânio usado para fazer as tops banco poderia causar câncer em humanos.

Professor Llope teria testado 55 pedras de 25 variedades de pedras de granito comprado de comerciantes locais e encontrou alguns proprietários estariam expostos a 100 millirems de radiação em apenas alguns meses - isso ultrapassa o limite de exposição anual definida pelo Departamento de Energia para os visitantes nuclear laboratórios.

Algumas pedras foram aparentemente ele testou importados do Brasil e Namíbia e continham níveis perigosos de radiação.

Segundo o professor Llope mais granito em termos de radioatividade são seguros, mas alguns ele testou eram extremamente "quente".

O Instituto Marble of America (MIA) rejeitou as alegações como "ciência-lixo" e dizem que os EUA Agência de Protecção Ambiental (EPA) diz que o gás radão e radiação liberada a partir bancadas em granito, não ponham em risco.

Em seu site, Llope diz que não há limite seguro para a radiação ea orientação geral é que cada rem de radiação poderia causar câncer em 4 pessoas em uma população de 10.000 - cerca de bancadas em granito testou teria lançado uma rem de radiação em apenas 250 horas ou 10 dias.

O MIA diz padrões científicos e protocolo devem ser estabelecidas que permitem testes consistentes de forma lógica e que estudos repetidos descobriram que o granito é seguro.

A EPA no entanto reconhece que "é possível para qualquer amostra de granito para conter diferentes concentrações de urânio que pode produzir gás radônio e alguns tops banco pode contribuir variável para níveis de radão interior, mas também diz que há uma escassez de dados confiáveis sobre a questão" .

Aviso: Esta página é uma tradução automática da página original em inglês. Por favor note uma vez que as traduções são geradas por máquinas, não tradução tudo será perfeita. Este site e suas páginas da Web destinam-se a ler em inglês. Qualquer tradução deste site e suas páginas da Web pode ser imprecisas e imprecisos no todo ou em parte. Esta tradução é fornecida como uma conveniência.

### **Referência:**

IVES, James et al (Ed.). **Scientist warns about granite bench tops and radiation:** A scientist in the U.S. has issued a warning concerning the use of granite bench tops. 2008. Disponível em: <<https://www.news-medical.net/news/2008/07/30/40396.aspx>>. Acesso em: 20 set. 2018.

### **Texto 3:**

## **Emissão de Radônio em Rochas Ornamentais**

**Yasmin Soares Gavioli**

Bolsista de Iniciação Científica, Engenharia Química, UFRJ

**Julio Cesar Guedes Correia**

Orientador, Eng Mineral, D. Sc.

**Roberto Carlos da Conceição Ribeiro**

Co-orientador, Eng. Químico, D. Sc.

### **Resumo**

As organizações representativas do setor de rochas ornamentais procuraram a Comissão de Energia Nuclear por meio do Centro de Tecnologia Mineral – Espírito Santo (CETEM-ES) solicitando auxílio quanto a avaliação de níveis de radiação em rochas ornamentais brasileiras, exportadas para os EUA e utilizadas como material de revestimento em residências. Tais exposições indevidas estariam supostamente sendo provocadas pela exalação de radônio (Rn) proveniente de granitos "exóticos" que estariam, segundo jornais americanos, aumentando o risco de câncer de pulmão. Com base nisto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o risco associado à exalação de radônio de placas de revestimento em ambientes *indoor*, por meio de técnicas nucleares e uso

modelos de cálculo de dose consagradas internacionalmente. Para tanto, foram realizadas as caracterizações radiométrica e mineralógica de três tipos de rochas silicáticas utilizadas para revestimento, determinando as taxas de exalação e concentração de atividade do radônio nos materiais escolhidos.

## 1. Introdução

O setor industrial de rochas ornamentais do Brasil produz uma grande variedade de granitos, mármore, quartzitos etc., atingindo ao todo cerca de 500 tipos diferentes de rochas. As rochas ornamentais são normalmente classificadas da seguinte forma: por nomes comerciais, pelo estado produtor, pelas origens geológicas e composição mineralógica; entretanto, não são classificadas quanto à concentração de substâncias radioativas. O estudo das concentrações de radioelementos em rochas graníticas é importante devido a dois motivos: por se tratar de uma importante ferramenta técnica, visto que estas concentrações podem ser usadas para a classificação petrográfica de granitos, e devido a problemas radiológicos, uma vez que a presença de elementos radioativos proporciona aumento nos níveis de radiação presente na construção civil.

Nas áreas de geologia e de proteção radiológica ambiental, os granitos são exemplos importantes de rochas que apresentam em sua constituição um enriquecimento natural de urânio – 238 ( $U^{238}$ ); tório - 232 ( $^{232}Th$ ) e potássio – 40 ( $^{40}K$ ), quando comparado com outros tipos de rochas, de tal forma que as concentrações destes elementos radioativos estão intimamente correlacionadas com suas respectivas composições minerais e características petrológicas gerais (Whitfiel *et al.* 1959).

Em termos de mobilidade, o urânio tende a ser altamente móvel perto da superfície da rocha, enquanto o tório é um elemento inerte. Assim, o urânio pode ser facilmente oxidado na forma de solução aquosa e removido dos granitos e pegmatitos por meio do processo de lixiviação e redepositado em sedimentos longe da rocha de origem. Por outro lado, o tório, que é relativamente estável e bem menos solúvel que o urânio e o potássio, não representa uma fácil mobilidade, a não ser por meios mecânicos, como o vento ou pelo processo de erosão. Assim, estas características petrológicas de rochas graníticas associadas aos efeitos do tempo e do metamorfismo produzem alterações expressivas nos diagramas de concentrações dos radionuclídeos naturais: Th, U, K, Th/U e Th/K. Conseqüentemente, as concentrações de tório, urânio e de potássio em diferentes amostras de granito resultam em seqüências individuais de diferenciação deste tipo de rocha (Anjos *et al.* 2004).

### 1.1. Radioatividade em materiais de construção

Pode-se afirmar que o campo de radiação gama existente no interior de uma residência, proveniente dos materiais de construção, é originado, principalmente, pelo decaimento dos radionuclídeos pertencentes às cadeias do  $^{238}U$  e do  $^{232}Th$ , além do  $^{40}K$ . Nas cadeias de  $^{238}U$  e do  $^{232}Th$  existem um número de 16 emissores de radiação gama que emitem radiações com taxa de emissão maior que  $10^{-3}$  fótons por desintegração (Rosa, 1997). A radiação gama, que decorre do decaimento dos radionuclídeos naturais que estão presentes nos materiais utilizados em construção, é gerada de forma isotrópica e, conseqüentemente, com isso, apenas uma fração das emissões originais provavelmente devem atingir o indivíduo exposto no interior da construção (Fernandes *et al.* 2004).

## 1.2. Radônio em residências

A principal forma de entrada do radônio nas residências é por meio de alicerces: espaços entre o solo e o assoalho de porões, drenos, bombas de esgoto, solo exposto, pontos de ligação da construção (argamassa, ligação entre o chão e a parede, canos frouxos ou soltos). O *Office of the Surgeon General* (órgão americano correspondente ao Ministério da Saúde brasileiro), e a *Environmental Protection Agency (EPA)* recomendam que se façam testes em todas as casas para detectar a presença de radônio.

A ingestão de água, bem como a inalação de ar com altos níveis do gás radônio, pode representar um risco direto à saúde da população, uma vez que expõe à radiação ionizante células sensíveis dos aparelhos respiratório e gastrointestinal, possibilitando, assim, o adoecimento em virtude da ocorrência de alguns tipos de câncer nesses órgãos. Acredita-se que o radônio é um importante causador de câncer de pulmão, matando cerca de 10 mil americanos por ano (HyperPhysics, 2009).

Os resultados desse trabalho são de grande importância para estudos de proteção radiológica ambiental, uma vez que os granitos são largamente utilizados na ornamentação e revestimento de interiores. Esse interesse tem se tornado tão expressivo que vários países da Europa e da Ásia têm imposto barreiras para a comercialização de granitos brasileiros, uma vez que nas rochas ornamentais raramente são avaliadas com relação à radiação no Brasil. Por outro lado, a origem e os defeitos da radioatividade é um tema pouco difundido no Brasil, sendo assim, é comum surgirem boatos infundados sobre perigos de radioatividade. Infelizmente, este problema não escapa nem do meio acadêmico e científico, quando por vezes é observada a divulgação de conceitos errados sobre estimativas e cálculos de efeitos de taxas de dose de radiação natural sobre a população. Tal fato alimenta a permanência deste ciclo vicioso de inúmeras ideias falsas sobre este tema.

## 1.3. Radônio

É um gás incolor, inodoro e sem sabor, além de 7,58 vezes mais pesado que o ar e mais de cem vezes mais pesado que o hidrogênio natural, origina-se do rádio, um membro das séries de decaimento do urânio e tório. Está presente em praticamente todos os lugares da crosta terrestre, e por ser um gás tem a propriedade de se acumular em ambientes fechados como residências, construções, cavernas, minas e túneis. O isótopo  $^{222}\text{Rn}$  é um emissor alfa ( $T_{1/2} = 3,82$  dias) e, juntamente com seus filhos não gasosos  $^{218}\text{Po}$  e  $^{214}\text{Po}$ , é responsável por aproximadamente 50% da dose efetiva equivalente produzida pela radiação ionizante natural. Existe também o  $^{219}\text{Rn}$  e o  $^{220}\text{Rn}$ , que são produtos da série de decaimento do  $^{235}\text{U}$  e  $^{232}\text{Th}$ , respectivamente. Eles têm o tempo de meia-vida muito pequeno quando comparado ao  $^{222}\text{Rn}$ , sendo o do  $^{219}\text{Rn}$  de 3,96 segundos e o do  $^{220}\text{Rn}$  de 55,6 segundos, assim o radônio-222 é o único capaz de migrar para dentro das casas e gerar preocupações na área da saúde (Chyi, 2008).

O gás radônio é totalmente natural e se forma durante o decaimento do urânio-238, ou seja, tudo começa com átomo de urânio-238. A Tabela 1.1, a seguir, ilustra o decaimento do urânio-238 até chegar ao chumbo-206 (Craig, 2008).

Tabela 1.1: Decaimento do Urânio-238.

ELEMENTO ORIGINAL	ELEMENTO TRANSFORMADO	TEMPO DE MEIA-VIDA	EMIÇÃO
Urânio - 238	Tório - 234	4,5 bilhões de anos	Uma partícula alfa
Tório - 234	Protactínio - 234	24,5 dias	Uma partícula beta e um raio gama
Protactínio-234	Tório - 230	269 mil anos	Uma partícula beta e um raio gama
Tório - 230	Rádio - 226	83 mil anos	Uma partícula alfa e um raio gama
Rádio - 226	Radônio - 222 *	1590 anos	Uma partícula alfa e um raio gama
Radônio - 222 *	Polônio - 218	3,925 dias	Uma partícula alfa
Polônio - 218	Chumbo - 214	3,05 minutos	Uma partícula alfa
Chumbo - 214	Bismuto - 214	26,8 minutos	Uma partícula beta e um raio gama
Bismuto - 214	Tálio-210 ou Polônio-214	19,7 minutos	Uma partícula alfa ou uma beta e um raio gama
Polônio - 214	Tálio - 210	150 microssegundos	Uma partícula alfa
Tálio - 210	Chumbo - 210	1,32 minutos	Uma partícula beta
Chumbo - 210	Bismuto - 210	22 anos	Uma partícula beta e um raio gama
Bismuto - 210	Polônio - 210	5 dias	Uma partícula alfa e um raio gama
Polônio - 210	Chumbo - 206 **	138 dias	Uma partícula alfa e um raio gama

\* Radônio é um átomo que forma um gás e possui meia-vida de apenas 3,825 dias. O acúmulo de átomos de radônio resultante do decaimento espontâneo de urânio-238 é a origem do gás radônio, o que significa que as concentrações desse gás são maiores nos locais em que o urânio é mais abundante no solo.

\*\* É um isótopo estável do chumbo.

## 2. Objetivo

Este trabalho visa à avaliação da taxa de emissão do gás radônio em rochas ornamentais brasileiras, tendo em vista a grande importância desses resultados para a saúde dos seres humanos e a influência destes sobre a economia do país.

## 3. Materiais e Métodos

Neste trabalho foram analisados três tipos de amostras granitos, conhecidos comercialmente como *Crema Bordeaux*, *Mombassa* e *Golden*, que foram selecionados devido à alta taxa de exportação para a utilização desses granitos na construção civil internacional. As amostras encontravam-se na forma de placas (15 cm x 30 cm x 2 cm) polidas e sem resina. Foram feitos dois tipos de estudos para avaliar a taxa de emissão de gás <sup>222</sup>Rn nestas, sendo um necessário o preparo das amostras e o outro utilizando as rochas no seu estado natural.

### 3.1 Rochas no Estado Natural

O estudo em que não foi necessário qualquer tipo de preparação da amostra consistiu de uma câmara de aço inox com 20L e tampas removíveis seladas para retenção do gás. As tampas foram previamente testadas para

que houvesse a constatação de nenhum vazamento. Neste trabalho, foram postas, juntamente, duas placas de rochas ornamentais, com as medidas já mencionadas anteriormente, que foram deixadas neste sistema durante sete a oito dias. O gás formado foi injetado em um analisador de gás radônio *Alpha Guard 2000 PRQ (Genitron Instruments)* em ciclos de uma e duas horas. Durante o período de avaliação, acionou-se um microventilador, que se encontrava dentro da câmara, para que houvesse a circulação do ar interno e assim uma melhor constatação na medida do gás pelo aparelho utilizado. O crescimento da atividade do radônio na câmara permitiu estimar o valor da atividade final para um período correspondente a sete meias-vidas do radônio.

É possível saber a taxa de emissão do gás de cada amostra dentro da câmara por meio da equação 1.

$$A_t = A_0 (1 - e^{-\lambda t}) \quad (1)$$

onde  $\lambda$  é a constante de decaimento do nuclídeo em questão e  $A_0$  é o valor final da atividade durante  $t \sim 7 T_{1/2}$ , aproximadamente 27 dias no caso do gás Rn. A unidade da atividade final  $A_0$  é  $\text{Bq m}^{-3}$ . Esse valor multiplicado pela constante de decaimento do radônio ( $\lambda = 2,724 \times 10^{-1} \text{ s}^{-1}$ ) e pela razão entre o volume do recipiente ( $V = 20,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ) e a área do granito,  $F$ , permite obter a taxa de exalação de radônio por unidade de área deste, que é definida como o fluxo de radônio liberado da superfície do material analisado,  $E$ , em  $\text{Bq m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , ou seja, Becquerel por metro quadrado por segundo, representado na equação 2.

$$E = A_0 \lambda (V / F) \quad (2)$$

Tendo em vista a comparação da emissão de gás radônio com a quantidade de rádio nas amostras foi calculada a "taxa final de emissão de Rn por unidade de massa" com unidade em  $\text{Bq Kg}^{-1}$ , usando a equação 3.

$$C_{\text{Rn}} = (A_0 V) / m \quad (3)$$

onde  $m$  é a massa da amostra e  $A_0$  e  $V$  já foram definidos nas Eqs. (1) e (2), respectivamente.

### 3.2 Rochas Moidas

Para o estudo em que foi necessário o preparo das amostras utilizou-se uma análise de espectro-gama. Para tal, foi feita a britagem, moagem e peneiramento a seco.

Neste trabalho, as placas das amostras foram britadas e levadas para a moagem, tendo a conversão a pó ou a pulverização com o auxílio de um pulverizador (*Fritsch*). O pulverizador foi utilizado com cautela, pois as amostras deveriam, na sua maioria, ficar entre 0,177 mm e 0,149 mm após o peneiramento para se obter um melhor rendimento na análise espectro gama. Logo, foram postas pequenas quantidades de amostra no recipiente do pulverizador (feito de titânio para evitar qualquer tipo de contaminação das amostras), em 400 r.p.m. durante 2 minutos. Depois de retiradas, as amostras moidas eram postas numa pilha de peneiras de 2,360 mm (para retirar as bolas de titânio do pulverizador), 0,177 mm e 0,149 mm, respectivamente, e levadas para o *Ro-tap*, aparelho de agitação, onde ficaram por cerca de 10 minutos, para que houvesse a total separação da amostra nas peneiras. Apesar da preferência de amostras entre 0,177 mm e 0,149 mm, também foram utilizadas outras amostras que se encontravam abaixo de 0,149 mm. Antes de misturar e homogeneizar estas, foi feita a análise granulométrica, em que se calculou a porcentagem de quanto estava acima ou abaixo de 0,149 mm. Após o peneiramento, as amostras estavam prontas para a análise espectro-gama. Estas foram acondicionadas em recipientes, onde permaneceram em repouso por 30 dias antes de serem medidas no detector (necessário

para atingir o equilíbrio secular). Foram empregados detectores de espectrometria gama de alta pureza (Germânio HPGe), que permitiu a identificação da emissão gama do  $^{40}\text{K}$  e dos filhos das séries do U e Th. O tempo de contagem para determinação da concentração de atividade desses núcleos, em Bq/g, varia de oito a 16 horas, de acordo com a atividade do material. Assim, foi possível comparar os resultados obtidos com o limite de exclusão preconizado pela Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA).

#### 4. Resultados e Discussões

##### 4.1 Análise Granulométrica

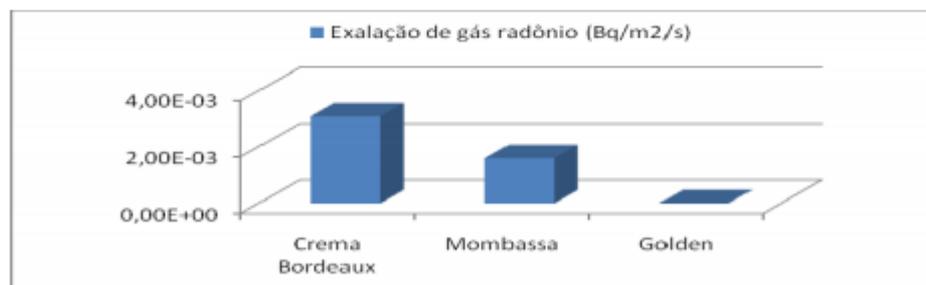
A Tabela 1 indica os resultados da análise granulométrica feita nas amostras de *Crema Bordeaux*, *Mombassa* e *Golden*.

**Tabela 1:** Análise Granulométrica das Amostras

Fração Granulométrica (mm)	<i>Crema Bordeaux</i> Massa (%)	<i>Mombassa</i> Massa (%)	<i>Golden</i> Massa (%)
+ 0,177	0	0	0
- 0,177 + 0,149	10,29	16,52	10,59
-0,149	89,71	83,48	89,41
Total	100	100	100

##### 4.2 Taxa de Emissão de Gás $^{222}\text{Rn}$

A Figura 1 representa os resultados do teste de avaliação da taxa de emissão de gás radônio nas amostras em seu estado natural, podendo-se observar que as taxas para as amostras *Crema Bordeaux*, *Mombassa* e *Golden* foram muito baixas,  $3,10 \times 10^{-3}$  (Bq/m<sup>2</sup>/s),  $1,60 \times 10^{-3}$  (Bq/m<sup>2</sup>/s),  $6,84 \times 10^{-4}$  (Bq/m<sup>2</sup>/s), respectivamente.



**Figura 1** Taxa de emissão de radônio em cada amostra no seu estado natural

### 4.3 Análise Radiométrica/ Radioquímica

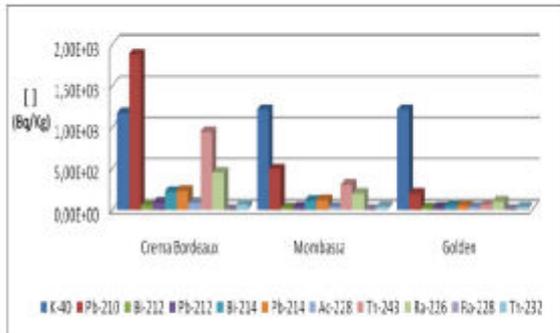


Figura 2 Distribuição dos Radionuclídeos nas Amostras

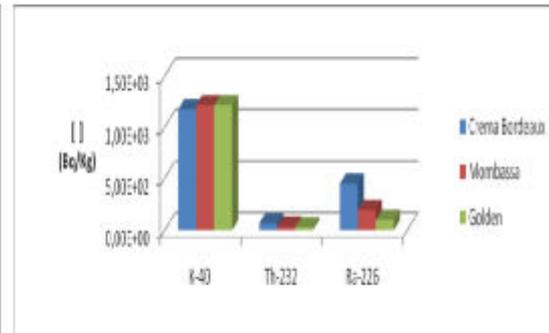


Figura 3 Principais Radionuclídeos

A Figura 2 apresenta os resultados das análises realizadas em três amostras. As determinações de Ra, K, Th e Gama foram realizadas após o equilíbrio dos radionuclídeos (30 dias) e com um detector de germânio, conforme dito anteriormente na metodologia. As determinações foram feitas por contagens alfa e beta, em um detector proporcional de baixo *background*, após separações químicas e as medidas de Tório por espectrometria com arsenazo III.

A exposição à radiação se deve, principalmente, aos radionuclídeos expostos determinados na Figura 3. Em que, os elementos  $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$  e  $^{226}\text{Ra}$  são formados, por suas séries de decaimento, os gases radioativos  $^{219}\text{Rn}$ ,  $^{220}\text{Rn}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ , respectivamente.

### 5. Conclusão

De acordo com os resultados desse trabalho, observou-se que a taxa de exalação de gás radônio nas amostras analisadas foi muito pequena. Tendo o  $^{222}\text{Rn}$ , radionuclídeo mais perigoso para a saúde humana, apresentado uma das menores taxas de exalação de todos os tipos de radônio. Assim, pode se concluir que os granitos analisados nesse estudo não apresentaram índices preocupantes no que tange a exalação de gás radônio.

## 6. Agradecimentos

Os autores agradecem ao CETEM e ao Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) pela infraestrutura laboratorial oferecida, ao CNPq pelo suporte financeiro, ao técnico Felipe (CETEM) e ao químico Vicente de Paula (IRD), que auxiliaram neste trabalho.

## 7. Referências

Anjos, R. M., Veiga, R. T. Soares, A.M.A. Santos, J.G. Aguiar, M.H.B.O., Frascá, J.A.P. et al. Natural Radionuclide Distribution in Brazilian Commercial Granites, Radiation Measurements, 2004.

Brodsky, A. Handbook of Radiation Measurement and Protection. CRP Press disponível em: <http://www.physics.isu/radiumf/natural.html>, 1978.

Chyi, L. L. Radon Testing of Various Countertop Materials Final Report, 2008.

Craig Freudenrich, Ph.D., Marshall Brain. Disponível em: <http://ciencia.hsw.uol.com.br/radonio1.htm>. Acessado em 12 de dezembro de 2008.

EPA - United States Environmental Protection Agency. Disponível em: <http://www.epa.gov/>. Acessado em 21 de janeiro de 2009.

Fernandes, H.M.; Rio, M. A. P.; Franklin, M.R. Impactos Radiológicos da Indústria do Fosfato. Série Estudos & Documentos, n. 56, ISSN 0103-6319, CETEM, 2004.

HyperPhysics. Disponível em: <http://hyperphysics.phy-astr.gu.edu/hbase/nuclear/radon.html>. Acessado em: 20 de janeiro de 2009.

IARC - Agência Internacional de Pesquisa em Câncer.

Office of the Surgeon General – OSG. Disponível em: <http://www.surgeongeneral.gov/>. Acessado em: 25 de fevereiro de 2009.

Rosa, R.. Exposição Potencial a Radiação Natural no Interior de Residências Devido ao Uso do Fosfogesso na Indústria da Construção Civil. [Tese de Mestrado]. Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, Universidade de Federal do Rio de Janeiro. 122p., 1997.

Whitfiel J. M. ; Rogers, J. J. W.; Adams J. A. S..The relationship between the petrology and the thorium and uranium contents of some granitic rocks. Geochimica et Cosmochimica Acta 1959:17: 248-271.

## Referência:

GAVIOLI, Y. S.; CESAR, J. ; Ribeiro, R. C. **Emissão de Radônio em Rochas Ornamentais**. In: XVII Jornada de Iniciação Científica do CETEM/MCT, 2009, Rio de Janeiro, RJ. XVII Jornada de Iniciação Científica do CETEM/MCT, 2009.

## Texto 4:

### Granito emite radiação?



Matéria recebida da edição da Revista Pedras do Brasil

Por Keith Cattley

Sim, todos os granitos emitem radiação! Surpreso? Pois ficamos mais ainda quando descobrimos que também as cerâmicas, vidros, geladeiras, relógios, batatas, cenouras, animais de estimação, automóveis, enfim quase tudo que existe, emite radiação. A boa notícia é que essa radiação sempre existiu, é totalmente inócua e não vai matar ninguém de câncer ou coisa parecida.

A humanidade convive há milhares de anos com as pedras ornamentais, mas foi preciso que o impressionante crescimento global desse setor incomodasse a concorrência, para que uma campanha cuidadosamente arquitetada, baseada em argumentação inconsistente e falsa, procurasse induzir ao pânico os consumidores norte-americanos, numa flagrante conspiração visando proporcionar ganhos oportunistas àqueles que não têm competência para conquistar por vias retas, maior participação no mercado.

Os principais especialistas em radiação são unânimes em desconsiderar as alegações caluniosas, visto que até as pedras com maiores emissões radioativas, estão muito longe dos limites estabelecidos pela Environmental Protection Agency (EPA) americana. Mas para apavorar consumidores leigos, bastou plantarem artigos maliciosos, gerando dúvidas e sugerindo perigos iminentes. E o estrago já foi feito.

Diante do desânimo e contrariedade provocados por esta campanha, num momento em que convivemos com a crise imobiliária americana, o real sobrevalorizado e o rigor regulatório nas questões de transporte, percebemos com surpresa e alegria, que pela primeira vez na história do setor, empresários do mundo inteiro resolveram unir-se para combater o inimigo comum. E dessa aliança nasce uma força de incrível potencial e capacidade de transformação.

Já não nos interessa perder tempo refutando acusações sem fundamento, a nossa prioridade hoje é divulgar a nobreza e beleza das nossas pedras, enaltecendo suas qualidades, abrindo e conquistando novos mercados. O mundo precisa saber que granito é ecologicamente correto, tem um ciclo de vida muito longo, não agride o meio ambiente, e é cem por cento natural. Usa pouca energia no processo produtivo, não gera calor e não contribui para o aquecimento global.

Estamos iniciando uma campanha mundial de divulgação, ética e moralmente limpa, em todas as mídias disponíveis, que irá garantir às pedras ornamentais todo o prestígio que merecem, mantendo e ampliando os seus mercados e assegurando uma tranqüila continuidade na expansão e crescimento da sua utilização.

Quanto às imitações, sabemos que sempre existirão! Por mais elaboradas e evoluídas que sejam nunca passarão de cópias. Ao final, restará apenas a certeza de que nada pode sobrepor-se à verdade e de que de toda essa polêmica, emergirá um setor mais unido, maduro, eficiente e produtivo.

Keith Cattley é diretor da Brasvit Granitos S/A - [cattley@brasvit.com.br](mailto:cattley@brasvit.com.br)

Postado por Euzequias Gomes Junior às 19:13



## Referência:

CATTLEY, Keith. **Granito emite radiação?** 2008. Disponível em: <<http://fiqueinformadorochas.blogspot.com/2008/09/granito-emite-radiao.html>>. Acesso em: 05 set. 2018.

## Texto para o 3º Encontro: “Um novo olhar para a radiação ultravioleta”

### Texto 1:

#### **RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA/ ÍNDICE ULTRAVIOLETA E CÂNCER DE PELE NO BRASIL: CONDIÇÕES AMBIENTAIS E VULNERABILIDADES SOCIAIS**

OLIVEIRA, Marcia Maria Fernandes de – [marfernandesoliveira@gmail.com](mailto:marfernandesoliveira@gmail.com)  
Doutora em Geografia pela Universidade Federal do Paraná.

**RESUMO:** A Radiação Ultravioleta (R-UV) possibilita a síntese de vitamina D na pele humana; todavia, quando a exposição é elevada ela pode causar danos à saúde, como o câncer de pele. Para analisar a relação entre a dimensão espacial da R-UV (convertida em Índice Ultravioleta - IUV) e o câncer de pele no Brasil utilizou-se da concepção sistêmica, sendo que foram empregados dados da doença (INCA - Instituto Nacional do Câncer) e dados de IUV (CEPETEC - INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). No estudo foram evidenciados os fatores que se associam na definição de um padrão de pessoas com maior risco de desenvolver câncer de pele (pele clara), tanto devido à condição ambiental (R-UV) e espacial (região Sul) quanto sócio-econômica (baixa renda) que, juntas, conduzem a maior vulnerabilidade de desenvolver a doença. Não foi realizada correlação entre IUV e dados de câncer de pele, devido ao fato dos efeitos dos raios solares serem cumulativos. O câncer de pele é um problema de saúde pública, sendo o conhecimento de suas variações espaciais um dado importante para sua prevenção e combate.

**Palavras-chave:** Radiação Ultravioleta - Índice Ultravioleta - Câncer de Pele - Brasil

*ULTRAVIOLET RADIATION / UV INDEX AND SKIN CANCER IN BRAZIL: ENVIRONMENTAL AND SOCIAL VULNERABILITY*

**ABSTRACT:** The Ultraviolet Radiation (UV-R) enables the synthesis of vitamin D in human skin; however, when exposure is high it may cause damage to health, such as skin cancer. To analyze the relationship between the spatial dimension of the R-UV (Ultraviolet Index converted - UVI) and skin cancer in Brazil we used the systems analysis approach, with were used data of disease (INCA - National Cancer Institute) and data of UVI (CEPETEC - INPE: National Institute for Space Research). In the study the factors that are associated with the definition of a pattern of people at higher risk of developing skin cancer (fair skin), both due to (UV - R) and spatial environmental condition (Southern region) and socioeconomic were evidenced (low income), which together lead to greater vulnerability of developing the disease. No correlation between UVI and data of skin cancer, due to the fact the effects are cumulative from sunlight was performed. Skin cancer is a public health problem, with the knowledge of its spatial variation its an important data to prevent and combat it.

**Key-words:** Ultraviolet Radiation - Ultraviolet Index - Skin Cancer - Brazil.

---

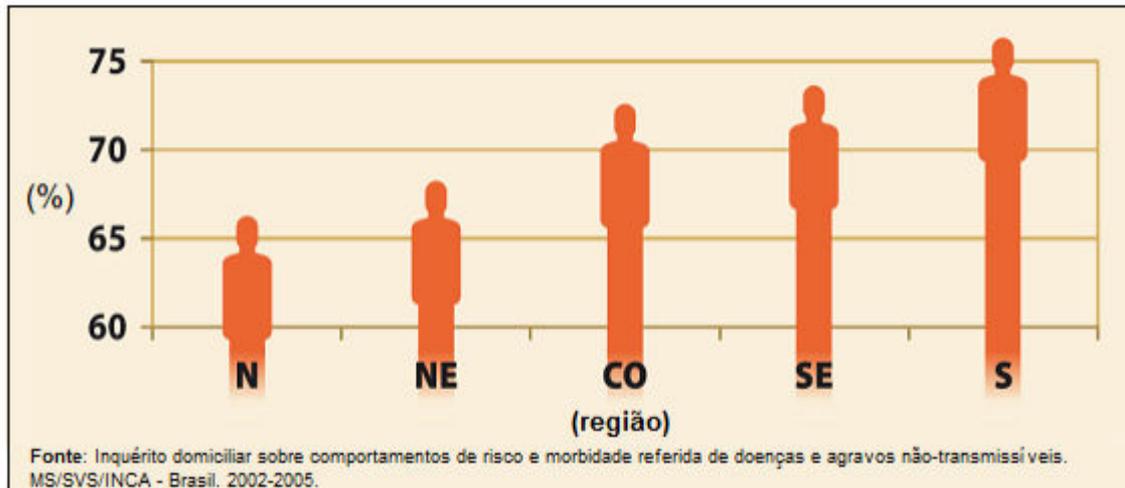
## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país ensolarado praticamente durante todo o ano, uma característica marcante da sua tropicalidade; a população brasileira encontra-se, portanto e de maneira geral, exposta a médias e altas incidências de radiação solar. Tomando se por base o senso comum, o efeito direto da ação da luz solar sobre a pele humana - o bronzeamento - significa aparência saudável. Todavia, do ponto de vista científico, a exposição humana aos raios solares é tema de consideráveis debates e preocupações.

Exposições cautelosas ao sol, no início da manhã e nas últimas horas da tarde, são benéficas, pois ativam a circulação sanguínea periférica e possibilita a síntese de vitamina D na pele. Especialmente em crianças e jovens esse processo é de fundamental importância, pois a vitamina D (antirraquítica) é indispensável para uma boa ossificação e, portanto, para um crescimento saudável. No entanto, deve-se considerar os riscos que a Radiação Ultravioleta (R-UV) em excesso pode causar à pele; esta, segundo Okuno e Vilela (2005), pode causar uma série de danos à saúde humana tais como o envelhecimento precoce, a depleção do sistema imunológico, a catarata e o câncer de pele, dentre outros.

Na década de 1990 Kirchhoff (1995) apontava os perigos da radiação danosa sobre a pele humana; segundo ele, evidências científicas mostravam que a radiação (particularmente a UVB) deveria aumentar sua intensidade com a destruição progressiva da camada de ozônio da estratosfera, e com isto elevar a incidência de câncer de pele na população. Após quase vinte anos, sua preocupação continua sendo coerente, pois percebe-se um aumento progressivo da incidência do câncer de pele na população, em especial na região Sul do Brasil (NASSER, 1986, 1993; AZEVEDO e MENDONÇA, 1992; CORRÊA, M. P.; DUBUISSON, P.; PLANAFATTORI, A. (2003).

Entre 2002 e 2005 o Ministério da Saúde (MS) realizou um inquérito domiciliar sobre o comportamento de risco do percentual de indivíduos (a partir de 20 anos) e pessoas expostos a R-UV por no mínimo 30 minutos (figura 01), concluindo que o percentual de pessoas no Sul do Brasil que se expõe a R-UV por mais de meia hora é muito elevado, acima de 75%.



**Figura 01.** Percentual de indivíduos (20 anos ou mais) expostos à radiação solar por pelo menos 30 minutos por região do Brasil (2002-2005)

Segundo a Organização Mundial da Saúde – OMS (2006), “um em cada três casos de câncer diagnosticados no mundo corresponde ao câncer de pele”, enquanto no Brasil, conforme o segundo o Instituto Nacional do Câncer – INCA, a estimativa é de 98.420 novos casos de câncer de pele não melanoma nos homens e 83.710 nas mulheres para 2014. Esses valores correspondem a um risco estimado de 100.75 casos novos a cada 100 mil homens e 82.24 a cada 100 mil mulheres. O câncer de pele não melanoma é o mais incidente em homens nas regiões Sul (159.51/100 mil), Sudeste (133.48/100 mil) e Centro-Oeste (110.94/100 mil); nas regiões Nordeste (40.37/100 mil) e Norte (28.34/100 mil), encontra-se na segunda posição. Nas mulheres é o mais frequente em todas as regiões, com um risco estimado de 112.28/100 mil no Sudeste, 99.31/100 mil Centro-Oeste, 86.03/100 mil no Sul, 46.68/100 mil no Nordeste e 24.73/100 mil no Norte.

A relação entre a R-UV, aqui tratada sob a perspectiva do Índice Ultravioleta (IUV), e o câncer de pele no Brasil é o foco central deste texto. Para tanto, são colocados em evidência importantes aportes teóricos ao tema e uma análise da variação espacial das duas variáveis, bem como da vulnerabilidade social ao câncer de pele no contexto brasileiro.

## 2. MATERIAL E MÉTODO

Para a elaboração deste estudo tomou-se por base uma estruturação na qual a metodologia de pesquisa tem como alicerce a concepção Sistêmica, pois esta tem como objetivo a formulação de princípios válidos para os “sistemas” em geral, qualquer que seja a natureza dos elementos que os compõem e as relações ou “forças” existentes entre eles. A Radiação Solar, o Índice Ultravioleta e a exposição humana a ela compreendem o input de nosso sistema, sendo que as condições sócio-étnicas e culturais da população os atributos, e o câncer de pele o output do mesmo.

Este artigo foi desenvolvido em grande parte a partir de literatura específica ao tema e de pesquisas realizadas em instituições relacionadas à oncologia, com destaque ao Instituto Nacional do Câncer (INCA), principal fonte de dados de câncer de pele no Brasil. Os dados de R-UV convertidos em IUV foram obtidos via Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

É fundamental ressaltar, segundo Fernandes de Oliveira (2010, pág. 16), entre IUV e câncer de pele não há possibilidade de correlação, pois os efeitos dos raios solares são cumulativos. Assim a análise entre os casos de câncer de pele e tais variáveis não busca relação direta de causa e efeito e sim do entendimento de como apresentam as tendências de cada um.

As análises foram realizadas por meio de relações estabelecidas entre o aporte da literatura específica, os dados de câncer de pele e os dados de IUV no Brasil; a abordagem tem como centro a dimensão espacial entre as diferentes variáveis envolvidas na pesquisa.

### 3. RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

A Radiação solar corresponde à emissão de energia sob a forma de ondas eletromagnéticas compreendidas entre 100 nm<sup>1</sup> e acima de 800nm que se propagam à velocidade da luz (KIRCHHOFF, 1995). Ela pode ser separada em três grupos, de acordo com o comprimento de onda. A parte mais diretamente relacionada ao aquecimento da atmosfera terrestre é aquela compreendida pelo Infravermelho, Visível e Ultravioleta. A faixa do ultravioleta é ainda subdividida em três (tabela 01): a UVA, entre 400 e 320 nm; a UVB, entre 320 e 280 nm; e a UVC, entre 280 e 100 nm.

**Tabela 01.** Faixa do Ultravioleta em UVC, UVB e UVA

Nome	Intervalo espectral (nm)	Características
<b>UVC</b>	100-280	Completamente absorvida pelo O <sub>2</sub> e O <sub>3</sub> estratosférico, portanto, não atinge a superfície terrestre. É utilizada na esterilização de água e materiais cirúrgicos.
<b>UVB</b>	280-320	Fortemente absorvida pelo O <sub>3</sub> estratosférico. É prejudicial à saúde humana, podendo causar queimaduras e, a longo prazo, câncer de pele.
<b>UVA</b>	320-400	Sofre pouca absorção pelo O <sub>3</sub> estratosférico. É importante para sintetizar a vitamina D no organismo. Porém o excesso de exposição pode causar queimaduras e, a longo prazo, causa o envelhecimento precoce.

Fonte: <http://satelite.cptec.inpe.br/uv/R-UV.html> adaptado pela autora.

Kirchhoff (1995) afirma que a energia solar recebida pelo nosso planeta refere-se basicamente ao espectro visível do sol, cuja máxima intensidade esta perto de 500 nm, isto é, na cor verde. A intensidade da radiação solar é várias ordens de grandeza menor, na região do UV, do que na faixa do visível. Mesmo assim, é nesta pequena faixa do espectro solar que se define a radiação que mais interfere com os sistemas biológicos. Na faixa de 280 para 320nm, a intensidade de radiação cresce rapidamente, ou seja, a intensidade é muito maior em 320 do que em 280 nm; no entanto, a sensibilidade biológica se comporta ao contrário, isto é, ela é maior em 280 nm, decrescendo rapidamente para o lado de 320 nm. É esta variação da sensibilidade biológica que é chamada de espectro de ação, ou espectro de sensibilidade biológica.

Fatores temporais, geográficos e meteorológicos afetam a irradiância espectral da R-UV na superfície da Terra os quais, segundo Okuno e Vilela (2005) são:

- a) Hora do dia: no verão, cerca de 20 a 30% da irradiância total diária de R-UV atinge a Terra entre 11 e 13 horas, e entre 70 e 80% entre 9 e 15 horas.
- b) Estação do Ano: a irradiância da R-UVB diária, próximo ao equador (20° N), apresenta variação sazonal de mais 25% no verão e menos 30 % no inverno em relação à primavera/outono. Na zona temperada (40° N), esses valores correspondem a mais 70% e menos 70% respectivamente.
- c) Latitude geográfica: o fluxo da R-UV diminui com o aumento da distância ao Equador.
- d) Altitude: em geral, a cada quilômetro de aumento na altitude, o fluxo de R-UV aumenta ao redor de 6%.
- e) Nuvem: a presença de nuvens no céu afeta muito a irradiância de radiação infravermelha, mas pouco a de R-UV. Se o sol estiver encoberto por nuvens, a quantidade de R-UVB ainda corresponderá a cerca de 50% daquela de um dia claro.
- f) Reflexão na Superfície: a neve e a areia contribuem muito para a refletância - cerca de 30% e 25% da R-UV, enquanto as superfícies terrestre e marítima refletem menos de 7%. Assim, se uma pessoa estiver sob um guarda-sol na praia, não recebe radiação solar direta, mas recebe a radiação refletida pela areia.
- g) Ozônio: é o fator mais importante de absorção da R-UV, principalmente da R-UVB e R-UVC solar dirigida à superfície terrestre.

Há, todavia divergências no que concerne aos parâmetros acima, ou seja: a altitude parece realmente desempenhar um papel mais perceptível na radiação somente de 2 a 3 Km onde a atmosfera é mais rarefeita; quanto às nuvens, parece ser mais correto considerar a nebulosidade, condição que encerra a maior parte da umidade atmosférica e que desempenha portanto maior efeito na radiação. Quanto à refletância da superfície os valores podem ser bem maiores, pois a neve fresca, por exemplo, apresenta albedo de até 80% (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

#### **4. ÍNDICE ULTRAVIOLETA**

Tendo em vista a crescente incidência de câncer de pele na escala mundial, a Organização Mundial da Saúde (OMS), em colaboração com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP), a Organização Meteorológica Internacional (OMM), a Comissão Internacional de Proteção às Radiações Não-Ionizantes (IC-NIRP), decidiu desenvolver um projeto conjunto de proteção da população contra os efeitos danosos da R-UV. A proposta foi a de associar uma escala que chama-se Índice Ultravioleta (IUV) aos níveis de R-UV relevantes aos efeitos biológicos estabelecidos no ser humano, que pode ser usado e compreendido facilmente e, dessa forma, adotado e divulgado diariamente em boletins meteorológicos. Segundo Okuno e Vilela (2005) esta decisão baseou-se no fato de que 90% das ocorrências de câncer de pele do tipo não-melanoma se dão em peles tipos I e II, conforme listado na Tabela 03. Além disso, ao proteger esses grupos, os demais, com pele tipos III, IV, V e VI, estarão automaticamente protegidos. É importante, entretanto, lembrar que, se estes últimos indivíduos são menos suscetíveis a câncer de pele, o mesmo não se aplica quanto aos efeitos nos olhos e no sistema imune.

Para este estudo a R-UV foi associada ao número IUV, pois segundo Corrêa (2003: 66):

A estimativa do período de tempo máximo de exposição ao sol envolve não só fatores geográficos e sazonais, mas principalmente uma série de fatores inerentes ao próprio ser humano, tais como a cor natural da pele, dos cabelos e dos olhos, o desenvolvimento dos processos de queimadura e bronzeamento, condições de saúde e alimentação, ingestão de medicamentos e, até mesmo, reações alérgicas. Considerando indivíduos saudáveis, cor natural da pele e a cor após exposição ao sol são fundamentais para se estabelecer um padrão médio da resposta biológica à radiação ultravioleta. Essa resposta biológica refere-se ao processo de formação de eritema (avermelhamento da pele) após exposição à certa dose de R-UV. Ou seja, o tempo máximo de exposição está relacionado à dose mínima de radiação necessária para que ocorra avermelhamento da pele e, possivelmente lesões de natureza mais grave.

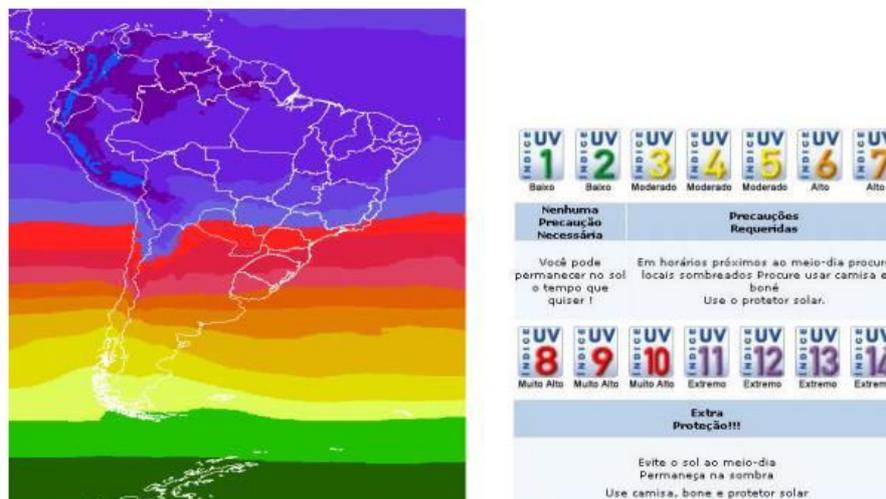
O IUV conforme CPTEC/INPE (2014) representa o valor de máxima intensidade diária da R-UV referente ao meio-dia solar. Como a cobertura de nuvens é algo muito dinâmico e variável, o IUV é sempre apresentado para uma condição de céu claro. Isto é, para ausência de nuvens que, na maioria dos casos, representa a máxima intensidade de radiação. É apresentado como um número inteiro e, de acordo com recomendações da OMS, esses valores são agrupados em categorias de intensidades (Tabela 02).

**Tabela 02.** Intensidade do Índice Ultravioleta

CATEGORIA	ÍNDICE ULTRAVIOLETA
BAIXO	< 2
MODERADO	3 a 5
ALTO	6 a 7
MUITO ALTO	8 a 10
EXTREMO	> 11

Fonte: [http://satelite.cptec.inpe.br/uv/O\\_que\\_e\\_IUV.html](http://satelite.cptec.inpe.br/uv/O_que_e_IUV.html)

O Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) em conjunto com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)<sup>2</sup> via site <http://www.cptec.inpe.br/> disponibiliza diariamente o IUV para a América do Sul, Brasil e suas regiões; a figura 02 ilustra um exemplo destas informações.



**Figura 02.** Máximo diário do Índice Ultravioleta para o Brasil e precauções da OMS.  
Fonte: <http://satelite.cptec.inpe.br/uv/> dia 30 de março de 2014.

A presença de nuvens e aerossóis (partículas em suspensão na atmosfera) atenua a quantidade de radiação UV em superfície, segundo o CPTEC – INPE (2014). Porém, parte dessa radiação não é absorvida ou refletida por esses elementos e atinge a superfície terrestre. Deste modo, dias nublados também podem oferecer perigo, principalmente para as pessoas de pele sensível.

A intensidade com que as radiações alcançam o solo é denominada de intensidade de insolação e está relacionada à altura solar de cada lugar, a estação do ano, a quantidade de tempo de brilho solar, a nebulosidade e, sobretudo a latitude são os principais responsáveis pela duração da insolação. Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007: 38) "A intensidade de insolação apresenta seus maiores valores nas regiões tropicais, por volta dos 20° de latitude em ambos os hemisférios". No entanto, além deste fator de posição latitudinal, o que influencia mais diretamente a alta insolação destas áreas (20° a 40° de latitude Norte e Sul) é a predominância do ar subsidente nestas localidades.

## **5. CÂNCER DE PELE E RADIAÇÃO SOLAR**

Câncer, segundo o Instituto Nacional do Câncer (INCA, 2007) é o nome dado a um conjunto de mais de cem doenças que têm em comum o crescimento desordenado (maligno) de células que invadem os tecidos e órgãos, podendo espalhar-se para outras regiões do corpo. Os diferentes tipos de câncer correspondem aos vários tipos de células do corpo; por exemplo, existem diversos tipos de câncer de pele porque a pele é formada de mais de um tipo de célula. Se o câncer tem início em tecidos epiteliais, como pele ou mucosas, ele é denominado carcinoma; se começa em tecidos conjuntivos como osso, músculo ou cartilagem é chamado de sarcoma. Outras características que diferenciam os diversos tipos de câncer entre si são a velocidade de multiplicação das células e a capacidade de invadir tecidos e órgãos vizinhos ou distantes (metástases).

As neoplasias cutâneas, segundo o INCA (2007) estão relacionadas a alguns fatores de risco, como o químico (arsênico), a radiação ionizante, processo irritativo crônico (úlceras de Marjolin<sup>3</sup>), genodermatoses (Xeroderma Pigmentosum<sup>4</sup> etc) e principalmente à exposição às R-UV do sol.

Dois tipos de envelhecimento, segundo a Sociedade Brasileira de Dermatologia - SBD (2007), se processam na pele, o intrínseco e o extrínseco. O envelhecimento intrínseco ocorre com o passar dos anos, também chamado de envelhecimento cronológico; O extrínseco decorre da interação dos fatores ambientais com a pele, sendo que um dos fatores mais importantes no envelhecimento extrínseco é a exposição solar. Os raios ultravioletas são os maiores causadores de câncer de pele, envelhecimento precoce e aparecimento das queratoses solares. A exposição solar tem efeito cumulativo, podendo o câncer de pele surgir muitos anos mais tarde. Estudos recentes revelam que a proteção ao sol na infância e adolescência reduzem significativamente os riscos de câncer de pele, pois cerca de 80% de toda radiação solar que uma pessoa recebe durante toda a vida se concentra nos primeiros 18 anos de idade, exatamente a fase da vida onde a criança e o adolescente ficam grande parte ao ar livre.

Segundo o INCA (2009), como a pele é um órgão heterogêneo, esse tipo de câncer pode apresentar neoplasias de diferentes linhagens. Os mais frequentes são: carcinoma basocelular (CBC), responsável por 70% dos diagnósticos de câncer de pele, o carcinoma espinocelular (CEC) ou epidermóide com 25% dos casos e o

melanoma, detectado em 4% dos pacientes. O carcinoma basocelular, o mais frequente, é também o menos agressivo; este, e o carcinoma espinocelular, são também chamados de câncer de pele não melanoma, enquanto o melanoma e outros tipos, com origem nos melanócitos, são denominados de câncer de pele melanoma (MM).

A proteção solar deve iniciar-se precocemente. A recomendação para uso de protetores solares se inicia aos 6 meses de idade, antes disso a criança não deve se expor diretamente ao sol sem a proteção de roupas e chapéu. Além disso, segundo o INCA (2009), os pacientes imunocomprometidos (como os transplantados renais) têm um maior risco para o desenvolvimento do câncer de pele não melanoma.

O CBC e o CEC, conforme a SBD (2007), são as neoplasias mais frequentes da pele e estão diretamente relacionados com exposições solares frequentes de pessoas de pele clara ao longo dos anos. As lesões ocorrem principalmente nas áreas mais fotoexpostas como face, pescoço, dorso, antebraços e mãos. Muitos deles poderiam ser evitados se medidas de prevenção fossem aplicadas a tempo, pois quando detectado, este tipo de câncer apresenta altos percentuais de cura.

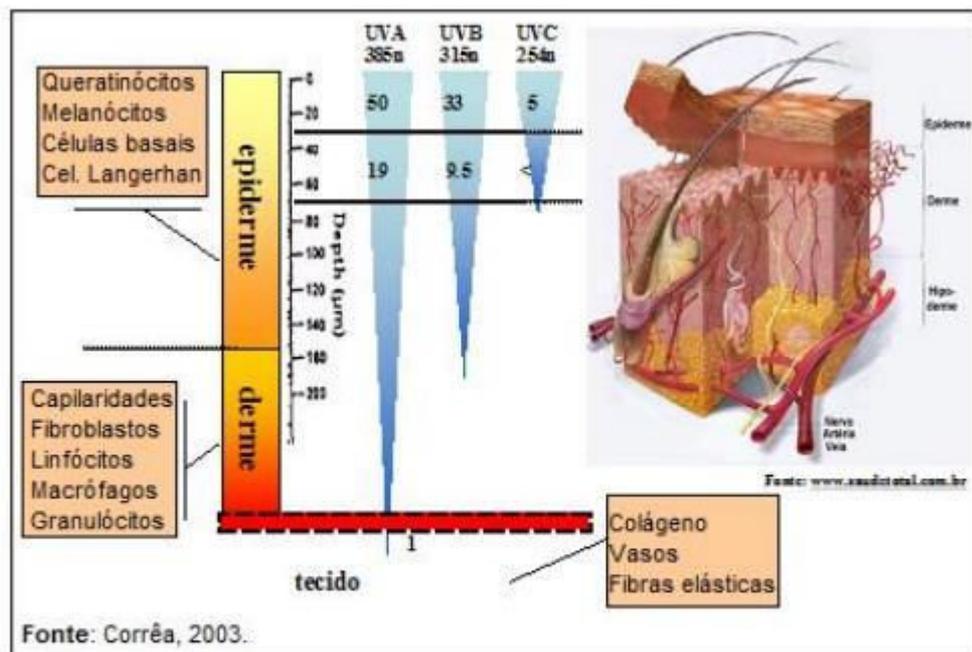
Por outro lado, o câncer melanoma (MM) é um tipo especial de câncer de pele que vem apresentando um aumento importante em incidência e mortalidade no mundo inteiro, principalmente nos países nórdicos, Nova Zelândia e Israel, acometendo pessoas em idade mais jovem (15-34 anos), atingindo ambos os sexos. A exposição à luz solar tem sido relacionada como importante fator de risco. (HOSPITAL ERASTO GAERTNER - HEG, 2003). Configura-se como o mais agressivo e temido entre os tipos de câncer de pele, tendo sido também relacionado a exposições solares intensas, com queimaduras solares dolorosas e com bolhas, sobretudo durante a infância e adolescência. No entanto, o risco deste câncer não se restringe somente à exposição solar e pessoas de pele clara; apesar de raro ele pode acometer pessoas de pele morena e até negros. Pode surgir a partir da pele normal ou de uma lesão pigmentada.

#### **IV. 1. Efeitos da R-UV sobre a pele**

Quando a R-UV atinge a pele, parte é refletida de volta ao primeiro meio e a parte transmitida vai sendo absorvida pelas várias camadas até que a energia incidente seja totalmente dissipada (OKUNO e VILELA, 2005). Uma pequena fração da energia absorvida é reemitida como fluorescência. A absorção da R-UV varia muito com seu comprimento de onda. A radiação com comprimento de onda inferior a 315 nm (UVB + UVC) é em grande parte absorvida por proteínas e outros constituintes celulares epidérmicos, reduzindo muito a sua penetração na pele. O remanescente é presumivelmente absorvido pelo DNA e outros componentes dérmicos: a elastina e o colágeno. A radiação com comprimento de onda superior a 315 nm (UVA) alcança a derme após absorção variável pela melanina epidérmica, a espessura da pele e seu teor de melanina interferem na absorção e difusão da radiação.

As reações fotobiológicas são mais intensas quanto mais precoce for o início da insolação e dependem do tempo e do número de exposições. Também influem a intensidade e o comprimento de onda da radiação que no caso, de R-UV solar, variam de acordo com a altitude, latitude, estação do ano, condições atmosféricas e hora do dia. Os efeitos biológicos conseqüentemente são agudos ou imediatos quando surgem após algumas horas ou alguns dias após a exposição, e crônicos ou tardios quando são consequência da somatória e exposições agudas repetitivas no decorrer da vida. A (figura 03) ilustra o processo da penetração das ondas de R-UV, A, B e C na pele humana.

A OMS (2007) esclarece como a R-UV, A e B atuam sobre a pele, respectivamente: Os raios UVA ativam a melanina e criam um bronzeamento que aparece rapidamente, mas que perde-se igualmente rápido. Além disso, os raios UVA penetram nas camadas profundas da pele e afetam o tecido conjuntivo e os vasos sanguíneos, sendo que a pele começa a enrugar-se. Os raios UVB estimulam a produção de nova melanina, o que conduz a um aumento maciço das quantidades de pigmento escuro em alguns dias; este bronzeamento pode durar relativamente muito tempo. Os raios UVB estimulam igualmente as células de modo que produzam uma epiderme mais espessa. Assim, os raios UVB são responsáveis pelo enfraquecimento e espessamento das camadas superficiais da pele - reações que constituem o mecanismo de defesa do organismo contra os raios ultravioletas.



**Figura 03.** Radiação Ultravioleta na pele Humana  
Fonte: Corrêa, 2003.

#### IV. 2. 1. Radiação Ultravioleta e Câncer de Pele

Desde a década de 1930, segundo Corrêa (2003), diversos estudos foram realizados no intuito de estabelecer uma relação entre o tipo de pele e a dose mínima de radiação - ou Dose Eritematosa Mínima - DEM (Ürbach, 1969). A classificação de Fitzpatrick (1988) *apud* Corrêa (2003), apresentada na tabela 3 e utilizada como referência por grande parte dos dermatologistas, é resultado de experimentos realizados com centenas de indivíduos de diferentes tipos de pele submetidos à exposição a quantidades controladas de R-UV. Nessa tabela, são apresentados valores da DEM (em  $\text{mJ cm}^{-2}$ ) de acordo com cada tipo de pele e com reação à exposição; vale ressaltar que essa caracterização da reação da pele tende a ser subjetiva, uma vez que, sob condições reais, a vulnerabilidade da pele de um indivíduo particular depende de seus hábitos de exposição (manhã, tarde, verão, inverno, etc.), do tempo de exposição acumulado ao longo dos anos, de sua idade, de suas condições de saúde e de sua alimentação. Como principal evidência pode-se observar que indivíduos com pele mais clara necessitam de uma dose de radiação menor para desencadear um processo eritemático, em relação àquelas observadas por indivíduos de pele mais escura. Por esta razão, a incidência de doenças relacionadas à exposição à R-UV é muito maior em indivíduos de pele branca, cabelos e olhos claros do que em mulatos e negros (Diffey *apud* Corrêa, 2003).

**Tabela 03.** Tipos de Pele e Reação a Exposição à Radiação UVB

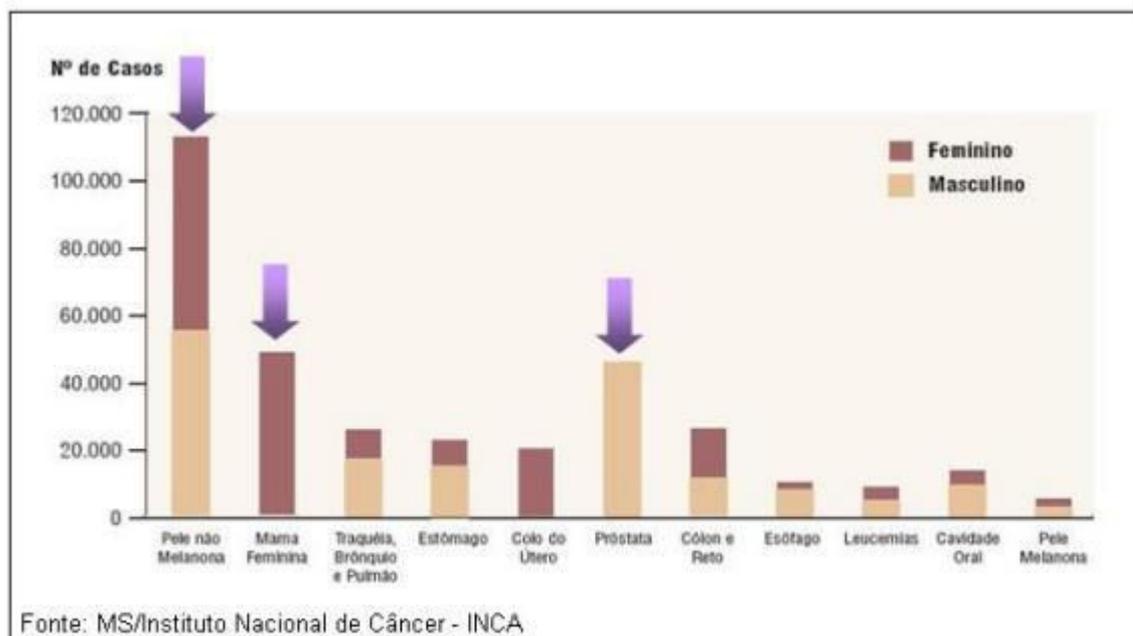
Cor da pele sem exposição	Tipos de pele	Queimadura	Bronzeamento	DEM* mJ/cm <sup>2</sup>
Branca	I	Sim	Não	20-30
	II	Sim	Mínimo	25-35
	III	Sim	Sim	30-50
	IV	Não	Sim	45-60
Mulata	V	Não	Sim	60-100
Negra	VI	Não	Sim	100-200

Fonte: (Adaptada de Fitzpatrick, *apud* Corrêa, 2003).

## 6. O CÂNCER DE PELE NO BRASIL: VARIAÇÃO ESPACIAL E VULNERABILIDADE SOCIAL

Dos tumores existentes, o câncer de pele é o mais frequente; para todos os tipos de câncer de pele, os fatores de risco incluem: histórico de câncer de pele na família, sensibilidade da pele ao sol, história de exposição solar excessiva, doenças imunossupressoras e exposição ocupacional. INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER - INCA (2010) e SOCIEDADE BRASILEIRA DE DERMATOLOGIA - SBD (2009).

O INCA (2009) aponta o câncer de pele como o mais frequente no país (figura 04), correspondendo a aproximadamente 25% de todos os tumores diagnosticados em todas as regiões do Brasil, mas com maior incidência na região Sul, onde existe uma maior concentração de pessoas de pele clara, mais vulneráveis a incidência de câncer de pele. Os mesmos dados revelam que o câncer que mais acomete os brasileiros é o de pele não melanoma (CPNM) os basocelulares (CBC) e os espinocelulares (CEC) ou células escamosas; em segundo aparecem os cânceres de mama e o de próstata, respectivamente relacionados com o gênero feminino e masculino.

**Figura 04.** Câncer no Brasil

Ainda conforme o INCA (2010), no Brasil, o câncer de pele continua sendo o tipo mais incidente para ambos os sexos. Sua letalidade é considerada baixa, porém em alguns casos onde há demora no diagnóstico esse câncer pode levar a ulcerações e deformidades físicas graves. É quase certo que exista um considerável sub-registro devido ao subdiagnóstico e também por ser uma neoplasia de excelente prognóstico, com taxas altas de cura completa, se tratada de forma adequada e oportuna.

O Melanoma (MM) é menos frequente do que os CPNM, porém sua letalidade é mais elevada. Tem-se observado um expressivo crescimento, segundo o INCA (2009) na incidência deste tumor em populações de cor de pele branca. O prognóstico do MM pode ser considerado bom, se detectado nos estágios iniciais; nos últimos anos houve uma grande melhora na sobrevida dos pacientes com este tipo de câncer, principalmente devido à detecção precoce do mesmo. Nos países desenvolvidos a sobrevida média estimada em cinco anos é de 73%, enquanto que, para os países em desenvolvimento a sobrevida média é de 56%. A média mundial estimada é de 69%. INCA (2010)

Segundo a OMS (2007) estes dados são agravantes quando a escala global é colocada em pauta, pois:

A cada ano, no mundo, ocorre entre 2 e 3 milhões de cânceres de pele não melanoma e mais de 130.000 melanomas malignos. Mudanças no comportamento e a exposição ao sol são em grande parte responsáveis pelo aumento dos cânceres cutâneos.

Segundo o Instituto Brasileiro de Controle do Câncer – IBCC (2008), a Austrália é o local que registra a maior incidência de CPNM. Enquanto no Brasil são mais de um milhão de novos casos de cânceres variados por ano, sendo que inúmeros nem sequer são registrados devido à subnotificação, ou seja, não há registro por acometerem pessoas residentes em remotos lugarejos, que falecem, vítimas de neoplasia maligna, sem que este fato conste de seus atestados de óbitos (BARBOSA, 2003).

Ao se referir à espacialização geográfica dos casos de câncer de pele, Corrêa *et. al.* (2003) apontam para o fato de que parece estar associada à distribuição da população, com maior incidência da doença no sul e sudeste do país, onde concentra a maior parte da população branca, que coincide com o pensamento de Silva Mendonça (1992), pois, a evidência de que pessoas de pele clara têm maior predisposição para o desenvolvimento deste tipo de câncer é fortalecida ao se verificar que os coeficientes de ocorrência, em populações de pele negra e amarela, são inferiores às de pele branca e que, há no país populações de maior risco para o câncer de pele, em geral, representadas por descendentes de europeus. Nas regiões sudeste e sul, onde foi mais intensa a concentração de imigrantes da Europa Central, existem comunidades que, por razões geográficas, sociais e culturais sofreram pouca ou quase nenhuma miscigenação racial. Conseqüentemente, estas comunidades expressam risco importante, por suas características genéticas, para o desenvolvimento de câncer de pele.

Câncer de pele é mais comum, segundo o INCA (2010) em indivíduos com mais de 40 anos sendo relativamente raro em crianças e negros, com exceção daqueles que apresentam doenças cutâneas prévias. Indivíduos de pele clara, sensível à ação dos raios solares, ou com doenças cutâneas prévias são as principais vítimas do câncer de pele. Os negros normalmente têm câncer de pele nas regiões palmares e plantares.

Conforme o Hospital Erasto Gaertner – HEG (2006) referencia de tratamento oncológico no sul do Brasil, o CBC e o CEC são os tumores mais comuns no Brasil como em vários outros países, com 55.480 novos casos de câncer de pele não melanoma em homens e de 61.160 em mulheres em 2006. O risco foi, portanto de 61 novos casos a cada 100 mil homens e 65 para cada 100 mil mulheres. A incidência de CBC é maior em relação ao CEC na razão aproximada de 4:1 e corresponde a aproximadamente 75% dos casos de câncer da pele.

Cabe mencionar a estimativa do INCA para o ano de 2014, onde: Esperam-se 98.420 casos novos de câncer de pele não melanoma nos homens e 83.710 nas mulheres no Brasil. Esses valores correspondem a um risco estimado de 100,75 casos novos a cada 100 mil homens e 82,24 a cada 100 mil mulheres.

Observa-se a partir dos dados do HEG (2006) e Estimativa do INCA (2014) um considerável aumento no risco de se contrair a doença tanto em decorrência do aumento populacional quanto pela maior vulnerabilidade da população frente às situações ambientais e socioeconômicas.

Ainda segundo a Estimativa do INCA (2014), o câncer de pele não melanoma é o mais incidente em homens nas regiões Sul (159,51/ 100 mil), Sudeste (133,48/ 100 mil) e Centro-Oeste (110,94/ 100 mil). Nas regiões Nordeste (40,37/ 100 mil) e Norte (28,34/ 100 mil), encontra-se na segunda posição. Nas mulheres, é o mais frequente em todas as regiões, com um risco estimado de 112,28/ 100 mil no Sudeste, 99,31/ 100 mil no Centro-Oeste, 86,03/ 100 mil no Sul, 46,68/ 100 mil no Nordeste e 24,73/ 100 mil no Norte.

Quanto ao melanoma, sua letalidade é elevada, porém sua incidência é baixa (2.960 casos novos em homens e 2.930 em mulheres). As maiores taxas estimadas em homens e mulheres encontram-se na região Sul.

## **7. CONSIDERAÇÕES SINTETIZADORAS**

Os malefícios que a R-UV pode exercer nos seres humanos, podem ser provindos, inclusive das situações socioeconômicas. Para tanto os estudos que envolvem desse tipo de radiação configuram-se de extrema importância, pois, além do conhecimento de fenômenos climáticos e meteorológicos, também visa compreender se há uma incidência maior deste câncer em pessoas com condições financeiras desfavorecidas. Pearce (1997: 121) afirma que "Na maioria dos países industrializados, os estudos tem encontrado reiteradamente forte associação entre classe social e câncer, com risco relativo quase duas vezes maior quando se compara o grupo menos favorecido com o mais favorecido".

A abordagem sistêmica em muito favorece a compreensão das relações existentes entre IUV e câncer de pele. Neste estudo, o risco está relacionado à questão temporo- espacial, particularmente à exposição a R-UV e a vulnerabilidade das questões sociais em que os pacientes acometidos pelo câncer estão inseridos. A vulnerabilidade social tem sido utilizada para caracterizar grupos socialmente vulneráveis, ou seja, indivíduos que, por determinadas características ou contingências, são menos propensos a uma resposta positiva mediante algum evento adverso. Confalonieiri (2008) afirma que a aplicação do conceito de vulnerabilidade é fundamental para o mapeamento das populações sob maior risco de serem atingidas e, conseqüentemente, a tomada de decisão acerca de medidas de adaptação ou proteção da população contra os efeitos deletérios do clima na saúde.

O INCA (2009) chama atenção para o câncer de pele como o mais frequente na população Brasileira e destaca o Sul do Brasil como região de maior incidência, o que pode estar associado ao fato desta região apresentar uma maior concentração de pessoas de pele clara. Segundo Silva Mendonça, (1992), não há dúvida de que os indivíduos de origem européia que vivem em clima tropical ou temperado apresentam um risco elevado de desenvolver câncer cutâneo. Grande parte dos imigrantes europeus que se estabeleceram no Brasil e seus descendentes se dedicaram ao trabalho rural. É possível encontrar-se nas regiões sudeste e sul comunidades agrícolas com grande concentração de pessoas de pele clara; esses indivíduos expõem-se ao sol continuamente, muitas vezes desde a primeira infância. É fundamental também destacar que, além das condições socioeconômicas e culturais, a desinformação da população quanto aos cuidados básicos e aos métodos de prevenção respondem pelas altas taxas do câncer de pele no Brasil.

A prevenção do câncer de pele inclui a prevenção primária de proteção à exposição solar nociva desde a infância, educação e treinamento dos profissionais da saúde para o diagnóstico e muitas campanhas de prevenção.

Como o melanoma é um tipo de câncer pouco frequente se comparado a outros tipos como o de pulmão ou de mama, as medidas preventivas terão mais êxito se forem dirigidas diretamente aos grupos de maior risco. Torna-se, assim, necessário a condução de estudos no Brasil que possam identificar estes grupos de alto risco e a partir de então estabelecer-se política de controle que contemple medidas adequadas e específicas.

Diante deste estudo acredita-se que deve haver uma maior sensibilização das pessoas frente à seriedade inerente ao câncer de pele. Sendo assim, sugere-se que haja maior atenção junto à vigilância e as práticas educativas e preventivas do câncer de pele na atenção básica no Sistema Único de Saúde (SUS); maior propaganda e esclarecimentos sobre filtro de proteção solar e a necessidade de sua utilização; bem como redução dos seus valores para que grande, senão toda parcela da população tenha acesso; incentivo e promoção de estudos e pesquisas, inclusive entre instituições de outros países, que visem maior conhecimento da incidência do câncer de pele no Brasil; e que as campanhas contra o câncer de pele sejam mais agressivas e mais fortemente divulgadas; disponibilização mais rápida de exames de pele, sobretudo para a parcela mais carente da população; incentivo a projetos e divulgação nas redes de ensino, sobretudo, desde as séries iniciais. O câncer de pele é um problema de saúde pública e é urgente a necessidade de adoção de medidas preventivas mais eficazes ao seu combate.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, G. e SILVA MENDONÇA. **Risco crescente de melanoma de pele no Brasil.** Revista de Saúde Pública (SciELO), vol. 26, n. 04. São Paulo, 1992.
- BARBOSA, A. **Câncer – Direito e Cidadania**, 10ª ed. Ed. Arx. São Paulo, 2003.
- CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/ INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. <http://www.cptec.inpe.br/> 2014.
- CONFALONIEIRI, U. **Mudança climática global e saúde humana no Brasil.** In Parcerias Estratégicas – Mudança do clima no Brasil: vulnerabilidade, impactos e adaptação. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) n. 27, Brasília/DF, 2008.
- CORRÊA, M. de P. **Índice Ultravioleta: Avaliações e Aplicações.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- CORRÊA, M. P.; DUBUISSON, P.; PLANAFATTORI, A. **An overview of the ultraviolet index and the skin cancer cases in Brazil.** Photochemistry and Photobiology, v. 78, n. 1, p. 49-54, 2003.

FERNANDES DE OLIVEIRA, M. M. **Índice Ultravioleta e Câncer de Pele no Estado do Paraná**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba/PR, 2010.

HOSPITAL ERASTO GAERTNER – **10 anos de Registro Hospitalar de Câncer do Hospital Erasto Gaertner (1990 – 1999)**, Curitiba/PR, 2003.

HOSPITAL ERASTO GAERTNER, Curitiba/PR, 2006.

IBCC–Instituto Brasileiro de Controle do Câncer. Em <http://www.ibcc.org.br/indexSite.htm>, pesquisado em 07/02/2008, 11:50h.

INCA, **Instituto Nacional de Câncer** – Ministério da Saúde, São Paulo/SP, 2007.

INCA, **Instituto Nacional de Câncer** – Ministério da Saúde, São Paulo/SP, 2009.

INCA, **Instituto Nacional de Câncer** – Ministério da Saúde, São Paulo/SP, 2010.

INCA, **Instituto Nacional de Câncer** – Ministério da Saúde, São Paulo/SP, 2014.

INMET, **Instituto Nacional de Meteorologia**. Brasília/DF, 2007.

KIRCHHOFF, H. J. W.V. **Ozônio e Radiação UV-B**. Transitec Editorial, São José dos Campos/SP. 1995.

MENDONÇA, F. e DANNI-OLIVEIRA. **Climatologia – noções básicas e climas do Brasil**. Ed. Oficina de textos. São Paulo, 2007.

NASSER, N. **Incidência de câncer de pele na região Sul do Brasil**. Biblioteca Virtual em Saúde 61 (2): 69-72, mar.- abr. 1986: <http://bases.bireme.br/cgi-in/wxislind.exe/iah/online/?IscScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=34110&indexSearch=ID>

OKUNO, E. e VILELA, C. A. P. **Radiação Ultravioleta: Características e Efeitos**. Ed. Livraria da Física. São Paulo, 2005.

Organização Mundial da Saúde, 2006.

Organisation Mondiale de la Santé – OMS. **Les effets connus de UV sur la santé**, em <http://www.who.int/uv/faq/uvhealthfac/fr/print.html>, 2007.

PEARCE, N. **Classe Social e Câncer**. In Equidade e Saúde- Contribuições da Epidemiologia. Ed. Fiocruz. Rio de Janeiro/RJ, 1997.

SBD – Sociedade Brasileira de Dermatologia – São Paulo/SP 2007.

SBD – Sociedade Brasileira de Dermatologia – São Paulo/SP 2009.

SILVA MENDONÇA, A. G. **Risco crescente de melanoma de pele no Brasil**. Revista de Saúde Pública (SciELO), vol. 26, n. 04. São Paulo, 1992.

[http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/tiposdecancer/site/home/pele\\_ao\\_melanoma](http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/tiposdecancer/site/home/pele_ao_melanoma).

<http://www.inca.gov.br/estimativa/2014/estimativa-24012014.pdf>

## Referência:

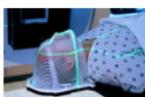
FERNANDES DE OLIVEIRA, Márcia Maria. Radiação Ultravioleta/ Índice Ultravioleta e Câncer de Pele no Brasil: Condições Ambientais e Vulnerabilidades Sociais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 13, 2013. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/36764/22580>>. Acesso em: 17 ago. 2018.

## Textos para o 4º Encontro: “Um novo olhar para a radiação ultravioleta”

### Texto 1:

Radioterapia: o que é? Quando usar? Quais os resultados esperados? Quais os efeitos adversos? O que fazer para evitá-los?

segunda-feira, 15 de abril de 2013 - Atualizado em 26/09/2013



#### O que é radioterapia?

Logo depois da descoberta de que os raios X podiam fornecer fotografias do interior do corpo, descobriu-se também que eles podiam ser usados em terapias pela capacidade que tinham de matar células tumorais malignas. Hoje em dia, usam-se inclusive outras fontes de radiação, em diferentes formas de aplicação.



Avale este artigo

A radioterapia mais conhecida é um método terapêutico baseado na emissão de um feixe controlado de radiações ionizantes (radiação que produz o deslocamento de átomos das moléculas e gera íons de carga positiva ou negativa), usado para destruir certos tipos de tumores cancerosos. Para tal, uma dose de radiação previamente calculada é dirigida ao tumor, com o objetivo de erradicar as células malignas, procurando causar o menor dano possível às células circunvizinhas normais. Geralmente, a absorção da radiação é maior pelas células tumorais que pelos tecidos saudáveis, matando-as e ocasionando apenas pequenos danos às células saudáveis. A responsividade tumoral à radiação costuma receber o nome de sensibilidade radiativa do tumor.

A morte celular provocada pela radioterapia ocorre, entre outros motivos, por inativação de sistemas vitais da célula e de sua incapacidade de reprodução. Isso é muito importante porque a capacidade de proliferação ilimitada é uma das características comuns a todas as células malignas.

### Quais são as maneiras de utilizar a radiação na luta contra o câncer?

Há duas maneiras de se utilizar a radiação contra o câncer:

- Radiação externa: a radiação provém de uma fonte externa, emitida por um aparelho fora do corpo do paciente.
- Braquiterapia (braqui = junto de): cápsulas de radiação são colocadas no interior de cavidades do corpo do paciente ou junto a ele, próximas ao tumor, liberando radiação diretamente sobre ele.

No primeiro caso a radiação atinge todos os tecidos e órgãos que estiverem no trajeto do feixe de radiação e, no segundo, afeta ao mínimo os órgãos próximos ao tumor e preserva os mais distantes da área do implante.

### Quando usar a radioterapia?

A radioterapia pode ser:

- Radical ou curativa: quando visa a cura do tumor.
- Remissiva: se o objetivo é apenas a redução do tumor.
- Profilática: quando ainda não há volume tumoral presente, mas possíveis células neoplásicas dispersas.
- Paliativa: visa apenas a remissão dos sintomas.
- Ablativa: quando o objetivo a ser alcançado é suprimir a função de um órgão, como na castração actínica, em que se busca, por exemplo, suprimir os ovários.

A radioterapia pode ser usada isoladamente ou em combinação com outros métodos terapêuticos, como a cirurgia ou a quimioterapia e pode ser empregada antes, durante ou após esses tratamentos. Em muitos casos a radioterapia contribui para que o tumor desapareça e a pessoa se cure; em outros, quando a cura não é possível, a radioterapia ajuda a propiciar ao paciente uma melhor qualidade de vida.

Os efeitos colaterais da radioterapia em geral são mínimos. Eles dependem do volume de tecido normal atingido. Na doença que já esteja mais avançada esse volume é maior e os efeitos colaterais também o são. À medida que a dosagem da radiação tiver de aumentar, as reações agudas e crônicas também podem aumentar.

### Como se realiza o tratamento?

A aplicação da radioterapia geralmente é feita por um aparelho que emite um feixe direcionado de radiação e dura de sete a quinze minutos. Normalmente, o paciente terá sua pele marcada previamente pelo médico indicando as áreas a serem irradiadas e ficará deitado sob o aparelho, imóvel, numa posição determinada pelo médico. Mantas de chumbo podem ser usadas para proteger as partes e os órgãos saudáveis do corpo. O número de aplicações da radiação varia em cada caso, segundo a extensão e a localização do tumor e os resultados dos exames laboratoriais do paciente. Conforme o caso, os aparelhos de radioterapia ou ficam afastados do paciente (teleterapia) ou em contato com ele (radioterapia de contato). Em algumas situações pode ser necessário que o paciente receba ambos os tipos de aplicações, a critério médico. Para que se atinja o efeito desejado, a radiação total a ser administrada é habitualmente fracionada em doses

diárias iguais. Durante as aplicações da radioterapia o paciente nada sente, nem é necessário qualquer preparo prévio. O único desconforto sentido durante o exame será o de manter-se imóvel em posição nem sempre agradável. Mas como a aplicação da radioterapia é rápida, em cada sessão, esse desconforto é inteiramente suportável. Somente pacientes psiquiátricos ou crianças muito pequenas podem precisar de sedação para permanecer imóveis.

Os tratamentos radioterápicos também podem ser feitos por métodos intracavitários ou intersticiais, em pastilhas de material radioativo que são colocadas no interior de cavidades (útero, vagina, etc.) ou entre tecidos do corpo.

#### **Quais são os resultados que se pode esperar da radioterapia?**

Os resultados da radioterapia dependem muito de uma boa imagem que permita a exata localização do tumor e, portanto, facilite o direcionamento dos raios. Hoje em dia é possível conseguir-se isso por meio da tomografia ou da ressonância magnética e os feixes quase puntiformes dos raios emitidos podem ser focalizados com mais precisão. A resposta dos tumores às radiações depende da sua sensibilidade, localização e grau de oxigenação, da qualidade e da quantidade da radiação empregada e do tempo total de administração dela.

#### **Quais são os efeitos adversos da radioterapia?**

Em geral, a radioterapia é bem tolerada, desde que aplicada adequadamente. Os efeitos adversos dependem da dose do tratamento, da parte do corpo tratada, da extensão da área radiada e do tipo de radiação, entre outros fatores menos importantes. Em geral surgem na terceira semana de aplicação e desaparecem algumas semanas depois. Todos os tecidos podem ser afetados pelas radiações, mas uns são mais sensíveis que outros. Há efeitos colaterais que são imediatos e outros que são tardios. Os imediatos ocorrem principalmente nos tecidos que apresentam maior capacidade proliferativa, como as gônadas, a epiderme, as mucosas e a medula óssea e que estejam incluídos no campo de irradiação. Pode ocorrer, anovulação ou azoospermia, dermatites, mucosites, leucopenia e plaquetopenia, geralmente reversíveis. Pode-se observar também cansaço; perda de apetite ou dificuldades para deglutir; coceira, vermelhidão, irritação ou queimadura na pele, que fica seca e escamosa. Os efeitos tardios geralmente só ocorrem quando se usa doses acima das que podem ser toleradas pelos tecidos normais. Eles constituem-se de atrofias e/ou fibroses das partes atingidas. O surgimento de tumores malignos é muito raro.

#### **Quais são os cuidados que podem minimizar os efeitos adversos da radioterapia?**

- Lavar a área afetada com água e sabão e enxugar sem esfregar.
- Não usar qualquer substância sobre a área em tratamento.
- Não fazer curativos sobre a pele sem orientação médica.
- Não utilizar, sobre a região afetada, bolsas de água quente, fria ou gelo.
- Não tomar saunas, banhos quentes ou lâmpadas solares.
- Usar protetor solar, blusa ou camiseta até um ano depois do fim do tratamento.
- Evitar usar roupas ou adereços apertados.
- Usar roupa de algodão, evitando tecidos sintéticos.

Fonte: INCA

## **Referência**

ABCMED, 2013. **Radioterapia: o que é? Quando usar? Quais os resultados esperados? Quais os efeitos adversos? O que fazer para evitá-los?**. Disponível em: <<https://www.abc.med.br/p/exames-e-procedimentos/348354/radioterapia-o-que-e-quando-usar-quais-os-resultados-esperados-quais-os-efeitos-adversos-o-que-fazer-para-evita-los.htm>>. Acesso em: 06 ago. 2018.

## **Texto 2: Aplicação dos Raios-X**

### **2.2 APLICAÇÕES NA INDÚSTRIA.**

Os raios X têm uma vasta aplicação na indústria, principalmente a metalúrgica. São usados normalmente para caracterizar e aprimorar processos físico-químicos. Um exemplo é a produção de novas chapas de aço (liga metálica composto de Fe e um percentual da ordem de até 2% de C) nas quais é preciso que a quantidade de carbono seja bem definida. Analisando as chapas pela técnica de difração dos raios X<sup>14</sup> podemos descobrir qual a melhor taxa percentual de carbono a ser utilizada, que dependerá também do tipo de aplicação pretendida para o aço e da presença de resíduos provenientes da fabricação.

---

<sup>14</sup> Fenômeno de espalhamento, semelhante ao que ocorre com a luz, sendo que neste caso é usada uma rede cristalina, na qual os elétrons da rede interagem com os fótons de raios X, causando seu espalhamento. A análise dos espalhamentos permite estudar as características das redes cristalinas e conseqüentemente os elementos químicos associados. Atualmente, esse estudo permite a produção de elementos químicos sinteticamente, o que já vem sendo feito pela indústria farmacêutica.

### **2.3 APLICAÇÕES NA AGRICULTURA**

#### **2.3.1 MELHORAMENTO DE PLANTAS**

É possível por meio do uso dos raios X, assim como outros tipos de radiação, modificar o DNA das plantas e dessa maneira, aumentar a variabilidade genética. Com uma variedade maior de plantas pode-se selecionar as melhores, de acordo com características como: altura, ciclo, resistência a pragas, doenças, estresses ambientais, etc.

As plantas modificadas são chamadas mutantes e os agentes que provocam as mudanças são chamados de mutagênicos (radiações e produtos químicos). Assim, através de indução de mutação são produzidos espécimes com menor altura (que acarretam menores perdas

pela ação dos ventos), resistência a doenças e tolerância ao alumínio (fator de importância em certos tipos de solos).

### **2.3.2 TOMOGRAFIA DE SOLOS**

Outra aplicação de tecnologia nuclear na agricultura tem relação direta com a técnica de tomografia de solos, onde é usada radiação X ou gama. O tomógrafo usado é semelhante ao usado em medicina, porém de custo mais baixo (Figura 2). A radiação passa pela amostra (objeto) e é atenuada em função do número atômico ( $Z$ ) e da densidade do material ( $d$ ). O aparelho, através de um software específico, distingue as diferentes densidades para formar a imagem do que se está analisando. As regiões mais densas são representadas pelas áreas mais escuras na imagem tomográfica. O estudo posterior da imagem vai auxiliar na determinação de propriedades físicas do solo.

### **2.3.2 TOMOGRAFIA DE SOLOS**

Outra aplicação de tecnologia nuclear na agricultura tem relação direta com a técnica de tomografia de solos, onde é usada radiação X ou gama. O tomógrafo usado é semelhante ao usado em medicina, porém de custo mais baixo (Figura 2). A radiação passa pela amostra (objeto) e é atenuada em função do número atômico ( $Z$ ) e da densidade do material ( $d$ ). O aparelho, através de um software específico, distingue as diferentes densidades para formar a imagem do que se está analisando. As regiões mais densas são representadas pelas áreas mais escuras na imagem tomográfica. O estudo posterior da imagem vai auxiliar na determinação de propriedades físicas do solo.



Figura 2: Tomógrafo instalado em torno de um monólito de solo

(extraído de <http://www.cnpdia.embrapa.br/>).

Muitas vezes utiliza-se o tomógrafo para verificar deficiências em árvores. Pode-se observar a distribuição das raízes no solo, a compactação e a distribuição de umidade, e enxergar detalhes internos de uma árvore sem ter que destruí-la. Portanto, se uma árvore estiver infestada por besouros ou cupins, os buracos cavados em seu tronco aparecerão na imagem.

### **2.3.3 IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS**

É um processo físico de tratamento comparável à pasteurização térmica<sup>15</sup>, congelamento ou enlatamento. Envolve a exposição do alimento, embalado ou não, a um dos três tipos de energia ionizante: raios gama, raios X ou feixe de elétrons (Figura 3).

O processamento de alimentos envolve hoje uma tecnologia avançada para assegurar a conservação e as boas condições sanitárias dos alimentos consumidos pela população em geral.

A técnica inicial e ainda hoje usada é a irradiação usando fontes radioativas, como  $^{60}\text{Co}$  e  $^{137}\text{Cs}$ , ou irradiação por feixes de elétrons produzidos por aceleradores até  $10^6$  elétrons-volt<sup>16</sup> (1 Mev). Atualmente a tecnologia mais recente nesse setor é a irradiação por raios X.

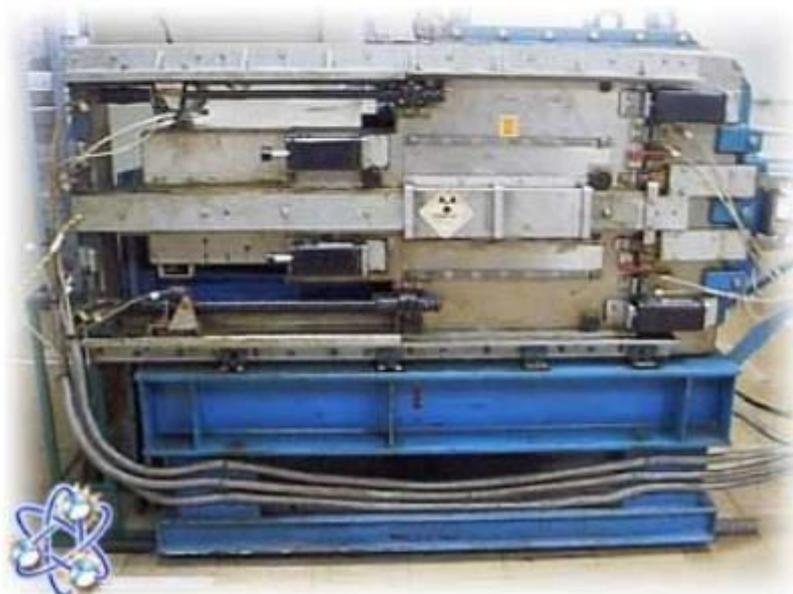
---

<sup>15</sup> Tratamento usado para eliminar agentes patológicos e, ou, reduzir a população de microorganismos presentes em alimentos como suco de frutas e leite. É associado ao emprego de outros métodos como refrigeração, adição de açúcar e, ou, aditivos e embalagens herméticas.

<sup>16</sup> O elétron-volt (eV) é uma unidade de energia muito usada com fótons. Sua relação com a unidade do SI que é o joule (J) é  $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$ .

O processo é basicamente a interação da radiação com a matéria. Ao penetrar no alimento, a radiação elimina bactérias patogênicas<sup>17</sup>, destruindo fungos, parasitas e insetos, porque são formados compostos químicos tóxicos a esses elementos nocivos.

Devido a isso, o alimento após ser irradiado passa por um controle de qualidade de toxicidade para verificar se pode ser consumido sem problemas para o nosso organismo.



### Figura 3: Aparelho irradiador de alimentos

(extraído de <http://www.uff.br/irradiacao/oquee.htm>)

Entre as principais aplicações da irradiação de alimentos estão o retardamento da maturação de algumas frutas e legumes e a eliminação de insetos que infestam os grãos armazenados. Vem sendo usada também para a descontaminação de ervas e especiarias em substituição

---

<sup>17</sup> São bactérias que no seu metabolismo produzem substâncias tóxicas ao hospedeiro. São responsáveis por doenças como o botulismo, a pneumonia, a tuberculose, a sífilis e a gonorréia.

ao processo de fumigação com gás esterilizante, onde era usado o óxido de etileno, que é uma substância comprovadamente carcinogênica, isto é, que pode causar o câncer.

Uma outra linha de pesquisa na irradiação de alimentos refere-se a carne de frango grelhada. A carne depois de assada é colocada em embalagem especial (bem vedada e não permite entrada de luz nem troca gasosa) e então irradiada. Esse processo permite que o produto fique por até cinco anos em prateleira, sem necessidade de geladeira. Já a carne de frango resfriada, ao ser submetida a doses baixas de irradiação, pode ser conservada por até 21 dias na geladeira sem ser congelada.

É importante ressaltar que o desenvolvimento de novas tecnologias na área de produção e armazenamento de alimentos é fundamental para que possamos reduzir a níveis aceitáveis ou mínimos o desperdício que existe nesse setor. Isso permite reduzir os custos com a produção e tornar o alimento mais barato para a população em geral, principalmente às populações mais carentes, reduzindo um dos maiores problemas mundiais: a fome.

#### **Referência:**

OLIVEIRA, Fábio Ferreira de. **O Ensino De Física Moderna Com Enfoque Cts: Uma Proposta Metodológica para o Ensino Médio usando o Tópico Raios-X**. 2006. 232 f. Dissertação (Mestrado)

- Curso de Programa de Pós-graduação em Educação, Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <<https://ppge.educacao.ufrj.br/dissertacoes/fabioliveira.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2019.

## Referências

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 765-794, 15 dez. 2018.

CARVALHO, A. M. P. **O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas**. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (org.). Ensino de Ciências por Investigação: Condições para Implementação em Sala de Aula. São Paulo: Cengage Learning, p. 1-20. 2013.

GARCÍA, M. I. G.; CERESO, J. A.L. & LUJÁN, J. L. **Ciência, tecnologia y sociedad. Una introducción al estudio social de la ciência y la tecnologia**. Madrid: Tecnos, 1996.

GIL-PÉREZ, D. e CASTRO, P. V. **La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo**. Enseñanza de las Ciencias, Barcelona, v.14, n.2, 155-163. 1996

IGLESIA. P. M. **Una revisión dei movimiento educativo Ciencia-Tecnología-Sociedad**. Enseñanza de las Ciencias. Barcelona, v.15. n.1. p.51-57. 1997.

LEWIN, A. M. F., LOMÁSCOLO, T. M. M., La metodologia científica en la construcción de conocimientos, **Revista Brasileira de Ensino de Física** 20, 147-154 (1998).

MAUÉS, E. R. C.; LIMA, M. E. C. C. **Ciências: atividades investigativas nas séries iniciais**. Presença Pedagógica, Belo Horizonte, v. 72, n. 6, p 34-43, dez. 2006.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. **Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência - Tecnologia -Sociedade) no contexto da educação brasileira**. Revista Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciência, vol. 2, n. 2, dezembro, 2002.

SASSERON, L. H. **Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: relações entre ciências da natureza e escola**. Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (Online), v. 17, p. 49-67, 2015.