

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**INSTITUTO DE FÍSICA**

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

**Jucelino Cortez**

**O LEGADO DE MADAME CURIE**

**Uma abordagem CTS para o Ensino da Radioatividade**

**Porto Alegre**

**2014**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**INSTITUTO DE FÍSICA**

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

**Jucelino Cortez**

**O LEGADO DE MADAME CURIE**

**Uma abordagem CTS para o Ensino da Radioatividade\***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

**Orientação: Profa. Dra. Sandra Denise Prado**

**Porto Alegre**

**2014**

\*Trabalho parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

## Dedicatória

*Dedico este trabalho ao meu pai, pela ajuda e parceria incondicional, à minha mãe, ao meu irmão e aos meus filhos Júlia, Joana e Caetano, os três são minha motivação principal a viver o presente e a olhar para o futuro e à Simone, sempre incansável parceira para as horas de precisão e para sentar comigo para cevar um chimarrão.*

## **Agradecimentos**

*Agradeço em primeiro lugar a DEUS que me deu energia para chegar até aqui.*

*Agradecimento todo especial a Professora Sandra pela orientação, dedicação e paciência.*

*Agradeço aos alunos que participaram, pelo comprometimento e os especialistas, pela colaboração; principalmente ao Professor Johnny por ter proporcionado, além de conhecimento científico, devido sua atenção e simpatia, um momento único e motivador na vida destes jovens.*

*Agradeço à minha família, meu pai, minha mãe pela educação que me proporcionaram.*

*Agradecimento também aos meus colegas de trabalho pela compreensão em momentos difíceis nos quais minhas atenções estavam todas voltadas para o mestrado.*

## RESUMO

Nesta dissertação relatamos uma experiência de ensino de Radioatividade motivada na abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e trabalhada com os estudantes do terceiro ano da Escola Estadual de Ensino Médio Ponche Verde, em Sertão, Rio Grande do Sul, em 2013. A vida e o legado de Marie Curie foram usados como mote central para uma introdução multidisciplinar ao conteúdo de Radioatividade, que envolveu Biologia, História, Química, Filosofia, Sociologia, Matemática, Medicina, além de Física. O trabalho teve como referencial teórico as teorias sócias construtivistas de Lev Semenovich Vygotsky e de David Ausubel, sendo ainda influenciado pela chamada Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Marco Antonio Moreira. Nossa principal meta foi abordar o conteúdo de Radioatividade, de forma abrangente e significativa, dado que esse assunto ou acaba sendo abordado na disciplina de Química ou é uma das opções da disciplina de Física, para a introdução de conteúdos de Física Moderna no terceiro ano. O desenvolvimento do trabalho deu se com o uso de questionários, pesquisas em livros e internet, elaboração de mapas conceituais, aulas expositivas, gravações de vídeos e videoconferência com participação de especialistas.

## **Abstract**

In this work we report a teaching experience on Radioactivity motivated by the Science, Technology and Society (STS) framework applied for second level students. Madam Curie's life and legacy has been used as a central point to a multidimensional approach that has involved Biology, History, Chemistry, Philosophy, Sociology, Mathematics and Medicine, besides Physics. This work is based on Vygotsky and Ausubel's theoretical framework and has been also influenced by the so-called 'Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica' by Marco Antonio Moreira. Our main goal has been an abrangent approach given that this subject is either contemplated in Chemistry textbooks or an option for introducing Modern Physics to second level students on their third year. Students have worked with questionnaires, books and internet searching, conceptual maps, lectures and participated in video-conferences with experts from different fields.

## Sumário

I – Introdução .....	8
II – Estudos Relacionados .....	12
III – Referencial Teórico .....	17
IV – Procedimentos Metodológicos .....	24
V – Análise do Projeto e de seus Resultados .....	38
VI – Considerações Finais.....	48
VII – Referências Bibliográficas .....	51
VIII – Apêndices	
Apêndice I: Questionário .....	55
Apêndice II: Apresentação .....	56
Apêndice III: Mapas Conceituais .....	57
Apêndice IV: Mapas Conceituais dos Alunos .....	58
Apêndice V: Gravação de Perguntas.....	65
Apêndice VI: Participação de Especialistas .....	66

## I - INTRODUÇÃO

A disciplina de Física nas escolas não contempla de maneira uniforme todos os assuntos e temas que, em princípio, deveriam ser abordados. Nosso ensino de Física tem dado mais ênfase aos conteúdos de Física Clássica e somente no final do terceiro ano do Ensino Médio se introduzem fragmentos de assuntos contidos no que denominamos de Física Moderna:

*“Estamos em pleno século XXI, mas a Física ensinada na escola é a do século XIX.”*  
(Moreira 2011, p. 6)

Dos temas de Física Moderna, a Radioatividade é um dos que aparece com menor frequência (Silva, Campos e Almeida, 2012), mesmo estando contemplada nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) como sugestão para abordagem no terceiro ano do Ensino Médio. Como fator agravante, a Física do Ensino Médio ainda se apresenta fragmentada, descontextualizada e desinteressante:

*“Os alunos veem a Física como um amontoado de fórmulas que memorizam mecanicamente.”* (Moreira 2011, p. 6).

Para alterar este quadro, entre as atitudes recomendadas estão o uso de métodos interdisciplinares (PCN+, Brasil, 2002, p.16) e as abordagens envolvendo Ciência, Tecnologia e Sociedade - CTS - (Santos e Mortimer, 2002). Nesta dissertação, relatamos a abordagem do conteúdo de Radioatividade por meio do referencial CTS e embasado nas teorias sócio-construtivistas e cognitivas de Lev Vygotsky e David Ausubel (Moreira, 2011).

A motivação para se trabalhar em um referencial teórico baseado no CTS vem de uma tentativa de se alterar uma dura realidade: frequentemente, aquela gama de informações passadas de professor para aluno não se transforma em um conhecimento internalizado, que tenha significado para o estudante. Nosso sistema de ensino de Física ainda carrega traços de uma educação bancária, descontextualizada, fragmentada em suas disciplinas e distante da realidade de nossos educandos (Chiquetto, 2011, p. 5).

Em uma época em que a intersecção entre tecnologia, arte e ciência emerge mais forte a cada dia, como despertar a curiosidade e o interesse do estudante pelas ciências, quando as aulas de Física parecem distantes da realidade acessível na mídia, nos jornais e no dia a dia?

Inspirado no artigo “Visões de Ciências e sobre Cientistas entre Estudantes do Ensino Médio” (Kosminsky e Giordan, 2002), aplicamos um questionário aos alunos para sondar a visão que eles tinham sobre ciência e o papel do cientista. Em linhas gerais, das respostas da turma, concluímos que os alunos não correlacionaram a Física com qualquer de suas práticas fora da sala de aula e que, de fato, ligavam o estudo da Física mais para um bom desempenho em provas, que para outra aplicação.

Diante desta realidade de sala de aula, optamos por utilizar a abordagem CTS como motivação, na expectativa de que uma abordagem interdisciplinar ampla, que coloque ciência, tecnologia e sociedade em um mesmo patamar, pudesse criar condições para que os estudantes com diferentes aptidões, interesses e motivações, pudessem perceber o valor da ciência e o quando esse saber é importante na concepção da sociedade moderna. Somos todos iguais – em direitos - e todos diferentes - em aptidões. A abordagem CTS permite ao professor trabalhar um conteúdo por diferentes perspectivas, fazendo com que alunos com diferentes habilidades possam contribuir de modo significativo na construção de saberes.

Segundo Pansera-de-Araújo e colaboradores (Pansera-de-Araújo, 2009), o movimento CTS aparece de várias maneiras em diversos países como Inglaterra, Holanda, Canadá, Austrália, Estados Unidos, Portugal e Espanha. No entanto, podemos a grosso modo identificar uma abordagem CTS, quando percebemos que ao se enfatizar a dimensão social da ciência e da tecnologia, afasta-se a imagem de que a ciência é, por princípio, neutra. Auler enfatiza que:

*“[...] não há uma compreensão e um discurso consensual quanto aos objetivos, conteúdos, abrangência e modalidades de implementação desse movimento. O enfoque CTS abarca desde a ideia de contemplar interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade apenas como fator de motivação no ensino de Ciências, até aquelas que postulam, como fator essencial desse enfoque, a compreensão dessas interações, a qual, levada ao extremo em alguns projetos, faz com que o conhecimento científico desempenhe um papel secundário” (AULER, 2002, p.31).*

O assunto escolhido para o trabalho estruturado na abordagem CTS foi a Radioatividade pelas seguintes razões: se trata de um tema pouco citado em livros didáticos e em artigos devotados ao ensino de Física. Em segundo lugar, por estar vinculado nas mídias, muitas vezes de forma pejorativa e sensacionalista, por causa da maciça imagem associada à bomba atômica e aos acidentes de Chernobyl e de Goiânia. A terceira razão e, a mais importante, é o fato de que podemos mostrar para um adolescente de uma pequena cidade do interior que a Radioatividade não é algo tão distante de sua realidade, tanto quanto ele possa acreditar.

O nosso objetivo principal aqui consiste em sugerir uma abordagem multidimensional em termos de estratégias, recursos, mediação e intervenções para o ensino de Radioatividade que seja internalizado por ser significativo, utilizando ferramentas simples que já são de conhecimento

dos jovens, mas que raramente são usadas para este fim. Ainda, como objetivos secundários, pretendemos alterar as concepções que alguns jovens têm do que é a ciência, de quem é o cientista, de como a ciência gera tecnologia e de como a sociedade influencia e é influenciada pelo conhecimento científico. Para alcançar tais objetivos escolhemos como mote central a vida e o Legado de Marie Curie.

Madame Curie é uma personagem emblemática: é uma das grandes cientistas que a humanidade conheceu, tanto por suas descobertas quanto pela sua trajetória na carreira científica. Pioneira no estudo da Radioatividade, ela descobriu os elementos Rádium e Polônio e foi a primeira mulher a ganhar um Prêmio Nobel. Foi laureada duas vezes, mesmo diante de todo o preconceito de gênero que permeava a ciência da época. Suas pesquisas e as dificuldades enfrentadas no contexto em que estava inserida deixaram um legado que serve de exemplo por sua perseverança e dedicação à ciência e à pesquisa (Guimarães, 2011).

Para que essa trajetória da Madame Curie fosse trazida ao mundo dos alunos e sua história fosse usada como fator de motivação, eles foram convidados a pesquisar de forma livre, organizados em grupos, todo o tipo de informação, imagens e notícias sobre Radioatividade. Depois disso, organizaram estudos para futuras apresentações utilizando mapas conceituais (Moreira, 1980). Assistiram ao filme Madame Curie, produzido pelo Estúdio MGM<sup>1</sup> e participaram de quatro encontros de dois períodos para esclarecimentos sobre o assunto. No total, foram utilizados 10 períodos da disciplina de Física e outros 8 períodos extras - fora da carga horária - para a completa realização do projeto.

Para criar um comprometimento e um maior interesse por parte dos alunos, estes foram convidados a gravar vídeos com dúvidas sobre o tema e estas dúvidas foram respondidas por especialistas em áreas que relacionam-se, direta ou indiretamente, a Radioatividade. Esta comunicação entre alunos e especialistas criou uma expectativa e um interesse pelo assunto que foi decisivo para atingir os objetivos propostos. Como proposta para a avaliação do trabalho, observamos a evolução do estudo de cada aluno, bem como a participação e a familiarização dos alunos com o tema. Também, analisamos os mapas conceituais feitos para a apresentação final.

O produto educacional apresentado no decorrer dessa dissertação não se configura em uma cartilha elaborada de perguntas e respostas ou roteiros com o conteúdo de Radioatividade direcionados para o aluno ou para o professor de ensino médio. Ortogonalmente à ideia da apresentação de um procedimento fechado ou um roteiro de trabalho a ser seguido à risca, o nosso produto educacional consiste em um relato fundamentado, disponibilizado na internet<sup>2</sup>, de uma abordagem CTS, baseada na trajetória da figura de Madame Curie, para a introdução do conteúdo de Radioatividade, no ensino médio.

---

1 Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/~prado/MPEF/terceira.htm>

2 [http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n34\\_Cortez](http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n34_Cortez)

Apresentamos, nessa dissertação, uma descrição detalhada do processo de construção de um trabalho interdisciplinar motivado por questões contextualizadas nas imagens de ciência e do cientista pré-concebidas pelos estudantes, que culminou em uma interação via videoconferência da comunidade escolar, como um todo, com um cientista da área de Física Nuclear. Esperamos que o nosso produto educacional voltado diretamente à direção escolar e ao professor, seja um motivador para propostas que impliquem em novas ideias baseadas em abordagens multidisciplinares, que são favorecidas pelo referencial CTS. Em diferentes turmas e contextos, as questões, as dúvidas, as motivações e os especialistas disponíveis poderão ser bem distintos daquele relatado nessa dissertação.

No que segue, esta dissertação está organizada em capítulos na seguinte sequência: no capítulo II, apresentamos os Estudos Relacionados, relatando fontes bibliográficas de estudos, direta ou indiretamente relacionados com este tema e abordagem. No capítulo III, discorreremos brevemente sobre os Referenciais Teóricos que serviram de norteadores na condução deste trabalho. No capítulo IV apresentamos a Metodologia utilizada. A análise de Resultados está no capítulo V e no capítulo VI apresentamos nossas Considerações Finais.

## II - ESTUDOS RELACIONADOS

É cada vez maior o número de publicações em ensino de Física que abordam temas de Física Moderna, fazendo uso de contextos sociais, históricos e tecnológicos. Podem servir de exemplos, os seguintes trabalhos:

- 1 - Inserção de Mecânica Quântica para futuros professores do Ensino Médio, (Webber, 2006) e (Soares, 2009);
- 2 - Uma proposta de abordagem histórica e conceitual para alunos de ensino médio (Wolff, 2005);
- 3 - O ensino de Física no ensino médio abordando tópicos de Física moderna e experimentação (Pereira e Aguiar, 2002);
- 4 - O uso de ferramentas computacionais, como o software flash, para o ensino de relatividade especial (Castilho, 2005);
- 5 - A criação de um curso para alunos de ensino médio para ensino de Física quântica (Pinto e Zanetic, 1999);
- 6 - A necessidade de utilizarmos a história no ensino de Física (Neves, 1998);
- 7 - O uso de oficinas para ensino de Física moderna (Cavalcante e Tavolaro, 2001);
- 8 - O uso de pôsters para ensino de Física de partículas no ensino médio (Ostermann e Cavalcanti, 1999);
- 9 - O uso de enfoque CTS para ensino de Física moderna (Oliveira, 2006);
- 10 - Uma revisão da literatura sobre estudos relativos ao ensino da mecânica quântica (Greca e Moreira, 2001)
- 11 - Física moderna e contemporânea (Ostermann e Moreira, 2001).

O ensino de Radioatividade também vem ganhando espaço nessa literatura, mas num crescimento muito inferior a outros temas de Física moderna. É quase incontável o número de publicações na internet sobre ensino de Física Moderna e Contemporânea, enquanto que, procurando na rede sobre “ensino + Física + Radioatividade”, o que vemos é insignificante na comparação. A maioria das teses, dissertações e artigos que tratam da Radioatividade e suas formas de abordagem estão na área de química, sendo que algumas com relevada importância no ensino de Física. Propostas utilizando CTS no ensino de Química (Pereira, Santos, Torres e Kill, 2012) e a dissertação de mestrado de Luciana da Silva abordando Radioatividade com enfoque CTS (Silva, 2009), exemplificam essa abordagem.

Em 2012, foi publicado, com o título: **“O Ensino e aprendizagem de Radioatividade: análise em periódicos nacionais e internacionais”**, (Silva, Campos e Almeida, 2012) um trabalho que relata os resultados de uma pesquisa em revistas científicas buscando a abordagem do tema ensino e aprendizagem da Radioatividade e as implicações de cada artigo desde 1990. Dos quase 500 artigos analisados, somente 16 tratam do ensino da Radioatividade e somente um apresenta uma abordagem que englobe ciência, tecnologia e sociedade (García Carmona, Criado, 2008). Neste artigo, os autores fazem uma análise de livros didáticos procurando identificar a forma de abordagem para o ensino da Radioatividade e da energia nuclear, valorizando a importância do enfoque CTS e relatando as diversas formas de introdução deste tema usando a energia nuclear e

as transformações de energia. Alguns destes trabalhos tratando o ensino da Radioatividade e suas formas de abordagem estão de uma forma ou outra, relacionados com esta dissertação.

Em 2005 foi publicado pela Revista *Novas Tecnologias da Educação*, o artigo: **“O papel do jogo no ensino de Radioatividade: os softwares Urânio-235 e Cidade do Átomo”**, elaborado por professores do Instituto de Química da UFRGS, analisando o uso de jogos de computador para ensino de Radioatividade, citando também vantagens e desvantagens desse tipo de ferramenta (Eichler, Junges e Del Pino, 2005).

Em 2008, a revista *Enseñanza de las Ciencias* publicou uma pesquisa feita por um grupo de pesquisadores da Universidade de Sevilla referindo-se à abordagem dada nos livros didáticos para tratar do tema Radioatividade. No artigo: **“Enfoque CTS en la enseñanza de la energía nuclear: análisis de su tratamiento en textos de Física y química de la eso”**, os autores analisam a diversidade das formas de abordar o tema usando tal enfoque e questionam vantagens e riscos de envolver situações do cotidiano, situações de contexto histórico sem a preocupação de criar uma visão limitada sobre o assunto (García Carmona, Criado, 2008).

Em 2009, o artigo: **“Relações entre ciência, tecnologia e sociedade em livros didáticos de química”**, analisou livros didáticos de química verificando a forma de abordar o assunto Radioatividade e concluiu que todos os livros analisados deixaram a desejar no que se refere às relações Ciência, Tecnologia e Sociedade. Os autores recomendam uma reestruturação geral das obras, para que possam atender as necessidades desta tendência educacional. Segundo os autores é evidente que o tema ‘Radioatividade’, tratado nos livros didáticos, precisa apresentar um conteúdo formal e conceitual. Falar do núcleo atômico e de suas transformações, dos tipos de emissões radiativas, da cinética de desintegração, de transmutação artificial é necessário. No entanto, deve-se pensar em outros pontos relevantes, como os que abordam a utilização da energia atômica. Sugerimos alguns temas a serem explorados com mais detalhes e que exponham aos alunos as inúmeras possibilidades do uso da energia nuclear no cotidiano e em diversas atividades tecnológicas e de pesquisa:

- utilidade da datação com carbono 14;
- esterilização de alimentos e sua desmistificação quanto aos riscos de sobra de ‘resíduos nucleares radioativos’ após esse processo;
- diagnósticos e o tratamento de doenças;
- acompanhamento do metabolismo de plantas utilizando traçadores radioativos;
- estudo do comportamento de insetos também por meio da utilização de traçadores;
- aplicação na indústria de radiografias de peças metálicas no diagnóstico de rachaduras ou defeitos (Sá e Santin Filho, 2009, p. 165)

O uso de novas ferramentas de ensino, neste caso o vídeo, é tratado no artigo: **“RADIOATIVIDADE A PARTIR DE VÍDEOS EDUCATIVOS: PROPOSTAS PARA AULAS DE QUÍMICA”** (Jacob e Messeder, 2012), apresentado no XVI Encontro Nacional de Ensino de Química (XVI ENEQ) e X Encontro de Educação Química da Bahia (X Eduqui) Salvador, BA, Brasil, em 2012. O artigo apresenta um projeto com alunos do ensino médio em Angra dos Reis, RJ. Eles foram questionados sobre o tema e a grande maioria desconhecia o assunto. Com o uso de vídeos educacionais e uma abordagem envolvendo ciência, tecnologia e sociedade, esta realidade foi alterada.

Outro trabalho que deve ser observado é apresentado no artigo: **“RADIOATIVIDADE E SOCIEDADE: A UTILIZAÇÃO DE UM CINE DEBATE COMO FERRAMENTA PEDAGÓGICA PARA A FORMAÇÃO DO CIDADÃO”** (Oliveira, Chacon e Chinelli, 2012). Neste, a Radioatividade é tratada

num enfoque CTSA (ciência, tecnologia, sociedade e ambiente), onde os alunos assistem a um filme, participam de um debate multidisciplinar e trabalham com mapas conceituais. O que chama a atenção é que o trabalho foi aplicado em um curso pré-vestibular, caracterizando que este tipo de abordagem e o diagnóstico feito por mapas conceituais podem gerar melhores resultados na aprendizagem que a decoreba e a avaliação feita com questões de múltipla escolha. Este trabalho foi apresentado no III Encontro de Ensino de Ciência em Niterói em 2012.

No 1º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense, também em 2012, foi apresentado o artigo: **“REPRESENTAÇÕES SOCIAIS SOBRE RADIOATIVIDADE DOS ALUNOS DO ENSINO MÉDIO”**, relatando uma pesquisa com alunos de três escolas de ensino médio de Santa Catarina sobre seus conhecimentos acerca do assunto. É motivo de reflexão a conclusão do artigo afirmando:

*“Mesmo sua abordagem sendo recomendada pelos PCNs, parece que esse tema é trabalhado de forma incipiente na Educação Básica.” e “Além disso, os meios de comunicação, que são um dos principais responsáveis pela divulgação do assunto, muitas vezes não levam em considerações, as bases teóricas ao falarem sobre Radioatividade, comprometendo assim a divulgação científica, e em muitos casos apresentando informações distorcidas. A situação descrita influencia nas representações sociais dos alunos de ensino médio da rede de ensino estadual.”* (Cardoso e Costa, 2012, p. 409).

A abordagem CTS e o ensino de Radioatividade e a multidisciplinaridade também são citados no artigo: **“Abordagem do tema controverso Radioatividade Energia Nuclear em sala de aula no Ensino Médio – Um Estudo de Caso”** (Silva, Pessanha e Bouhid, 2011), apresentado no VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências realizado entre 5 e 9 de dezembro de 2011 na Universidade Estadual de Campinas. O artigo relata um projeto realizado por professores de química, biologia, Física e língua portuguesa de uma escola de ensino médio do Rio de Janeiro com 190 alunos. Os educandos assistiram aulas com os professores abordando fenômenos e reportagens sobre Radioatividade. Também consultaram mídias sobre o tema. Ao final, em dois grupos, debateram vantagens e desvantagens do uso da energia nuclear e da Radioatividade.

Na revista *Investigações em Ensino de Ciências*, o artigo: **“UTILIZAÇÃO DE RECURSOS AUDIOVISUAIS EM UMA ESTRATÉGIA FLEXQUEST SOBRE RADIOATIVIDADE”**, relata um projeto com 25 alunos de ensino médio que envolve o uso de vídeos, reportagens, documentários e um ambiente virtual sobre o tema e convida os educandos, de forma orientada, a seguir determinados passos a fim de encontrar respostas que servirão para uma posterior exposição para a turma. O artigo conclui que:

*“Deste modo, ressalta-se a necessidade dos professores de se capacitarem em relação ao uso de tecnologias em sala de aula, bem como compreender algumas teorias que, com o passar do tempo, se integraram aos recursos, para que eles possam melhor estruturar suas aulas e conseguir obter resultados significativos, possibilitando aos alunos se tornarem mais atuantes no processo de construção de seus conhecimentos.”* (Vasconcelos, Leão, 2012, p. 56)

Com o relato dos alunos após a aplicação da estratégia, foram realizadas outras pesquisas sobre o assunto. Sendo assim, pode-se concluir que a aplicação da estratégia *FlexQuest* ‘Radioatividade’ estimulou os alunos a buscarem mais informações, o que é um fator positivo, pois

a busca por fatos possibilitou uma maior integração do aluno ao mundo científico, tornando-o um cidadão crítico capaz de compreender o que acontece ao seu redor.

Existem também algumas dissertações de mestrado que devem ser citadas por apresentarem estudos relacionados ao nosso tema:

A dissertação de Luciana da Silva da UNB, (Silva 2009), teve como projeto de aplicação um trabalho com alunos de ensino médio de uma escola de Brasília, onde os alunos tiveram palestras com profissionais da área, assistiram vídeos, montaram painéis e responderam questionários sobre Radioatividade. A abordagem utilizada foi a CTS com uma proposta interdisciplinar contando com o envolvimento de professores de outras áreas, valorizando contexto histórico, social e tecnológico.

No Instituto de Física da UFRGS, três dissertações têm alguma relação com a presente proposta:

– A dissertação de Jader da Silva Neto (Silva Neto, 2008), aborda o ensino de radiações em um curso técnico de radiologia de Bento Gonçalves. O projeto gerou a produção de um material que utiliza ambiente e ferramental virtuais que auxiliaram os alunos a relacionar o conteúdo com as práticas vividas por profissional da radiologia.

– A dissertação de Rogério de Medeiros (Medeiros, 2009), propõe a criação e a aplicação de um material de apoio ao professor referente ao ensino das radiações, abordando inclusive os raios gama. O trabalho foi dirigido a alunos de Radiologia de Porto Alegre e relaciona com muita qualidade a ciência com a sociedade.

– Adriano Antunes Rodrigues, (Rodrigues, 2012), disserta sobre um projeto aplicado em uma turma de Licenciatura em Ciências com habilitação em Física de Santa Catarina, abordando o tema Radioatividade e energia nuclear. A aplicação do projeto gerou um pacote de produções textuais de curta duração para exibição de rádio e internet. Os alunos utilizaram como material de apoio, textos, imagens, vídeos e mapas conceituais sendo que no final do processo todo foi disponibilizado em um blog, construído pelos educandos. É possível observar que um dos fatores de maior destaque é o ensino de Física, no caso a Radioatividade e a energia nuclear, sendo feito de uma forma inovadora, envolvente, multidisciplinar e preocupada em interagir com a sociedade.

Buscando em livros didáticos de Física destinados ao ensino médio tais como Ramalho, Nicolau e Toledo (2003), Máximo e Alvarenga (2011) e Bonjorno (2010), a Radioatividade aparece de forma superficial, com citações de uso em um contexto distante da realidade de nossos alunos. Nos endereços <http://www.if.ufrgs.br/cref/radio/> e <http://www.cnen.gov.br/ensino/Radioatividade.asp> (acessados em abril de 2013) foram encontradas informações mais diversificadas e com um nível de contextualização maior e melhor do que geralmente se encontra nos livros-textos, sendo que esses *sites* serviram de base para a montagem das aulas desenvolvidas para esse trabalho.

Percebe-se, após uma primeira procura em periódicos, sites, revistas e repositórios de Universidades por trabalhos relacionados à abordagem CTS e o ensino de Radioatividade, que existe uma quantidade relativamente pequena de projetos direcionados para o ensino da Radioatividade na disciplina de Física, abrindo espaço para novas incursões nesse tema.

Levar um cientista real para dentro de uma escola pública do interior, no final de um trabalho em que nos propomos a desenvolver o tema de Radioatividade no contexto CTS, buscando desmistificar a ciência e a figura do cientista através da Madame Curie, buscando acrescentar um diferencial em relação a trabalhos encontrados na literatura, torna o presente trabalho uma proposta desafiadora, comprometida com o processo ensino-aprendizagem e motivadora para um educando que tem pré-conceitos obtidos através das mídias e acredita estar numa realidade totalmente à parte do mundo da Física e dos físicos.

### III – REFERENCIAL TEÓRICO

O Ensino de Física no Brasil é ultrapassado, fragmentado, bancário e desligado da realidade do aluno:

*“Para os alunos do ensino médio, a Física se mostra como um impressionante conjunto de fórmulas destinadas a resolver problemas de provas. Os estudantes não veem ali uma descrição do mundo e também não veem como tirar proveito daquilo. Pior ainda, a imensa maioria não consegue nem manipular as fórmulas, sentindo frustração e incompetência.”* (Chiquetto, 2011, p. 3).

O artigo também cita opinião de grandes teóricos envolvidos na educação como Paulo Freire:

*“as relações educador-educando na escola tradicional são fundamentalmente narradoras, dissertativas, cabendo ao educador a tarefa de "encher" os educandos com os conteúdos de sua narração, numa concepção "bancária" da educação”* (Freire, 2009, p.67).

E ainda:

*“quanto mais os educandos se exercitam no arquivamento dos depósitos, menos desenvolvem a consciência crítica que os inseriria no mundo como sujeitos. Assim, essa educação satisfaria, basicamente, aos interesses dos opressores.”* (Chiquetto, 2011, página 6).

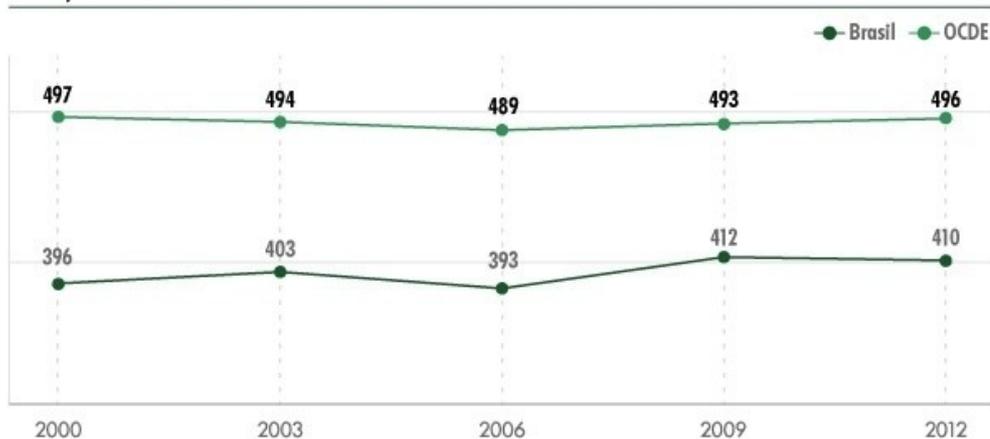
No final de 2013, algumas reportagens nas mídias nacionais relataram resultados sobre índices referentes à educação no Brasil. Citamos uma da UOL Educação<sup>3</sup>:

*“De acordo com dados do Pisa (Programa Internacional de Avaliação de Alunos), o país somou 410 pontos em leitura, dois a menos do que a sua pontuação na última avaliação e 86 pontos abaixo da média dos países da OCDE (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico). Em ciências, o Brasil obteve o 59º lugar do ranking com 65 países. Apesar de ter mantido a pontuação (405), o país perdeu seis postos desde o 53º lugar em 2009. Nessa disciplina, a média dos países de OCDE foi de 501 pontos.”*

---

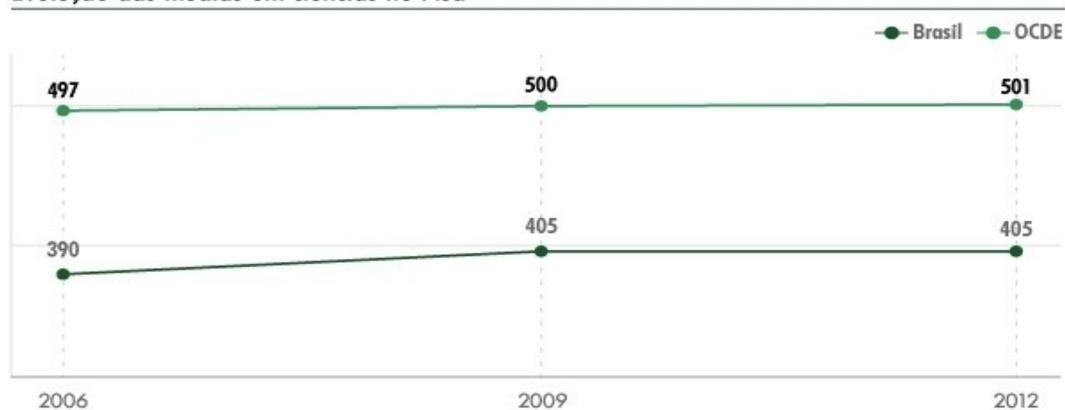
3 <http://educacao.uol.com.br/noticias/2013/12/03/pisa-desempenho-do-brasil-piora-em-leitura-e-empaca-em-ciencias.htm> (acesso em 19/09/2014)

Evolução das médias em leitura no Pisa



- *“No exame de ciências, 55,3% dos alunos brasileiros alcança apenas o nível 1 de conhecimento, ou seja, são capazes de aplicar o que sabem apenas a poucas situações de seu cotidiano e dar explicações científicas que são explícitas em relação às evidências.”*

Evolução das médias em ciências no Pisa



Esta realidade, tão comum, também foi observada na turma de terceiro ano da Escola Estadual Ponche Verde em Sertão, Rio Grande do Sul. Conforme os educandos, quando convidados a refletirem sobre a importância dos estudos, do valor da ciência para o indivíduo e para a sociedade em que estavam inseridos, a ciência foi colocada como algo muito distante da realidade deles, reservada a poucos e com aplicações um tanto restritas.

A escola, por sua vez, no que refere-se ao ensino de Física, oferece conteúdos de uma forma bancária, onde o aluno ouve, anota e decora para uma prova, algo que serve, praticamente, só para a prova. Provavelmente, o que observamos nesta escola é resultado de uma prática no processo de ensino, herança de toda uma formação de educadores e de uma teoria de aprendizagem que ainda predomina no ambiente. Esta é a concepção *behaviorista* de Burrhus Frederic Skinner segundo Ostermann e Cavalcanti:

*“A concepção skinneriana de aprendizagem está relacionada a uma questão de modificação do desempenho: o bom ensino depende de organizar eficientemente as condições estimuladoras, de modo a que o aluno saia da situação de aprendizagem diferente de como entrou. O ensino é um processo de condicionamento através do uso de reforço das respostas que se quer obter.”* (Ostermann e Cavalcanti, 2010, p. 12 e 13).

E ainda cita que:

*“Os métodos de ensino consistem nos procedimentos e técnicas necessários ao arranjo e controle das condições ambientais que asseguram a transmissão/recepção de informações. O professor deve primeiramente modelar respostas apropriadas aos objetivos instrucionais e, acima de tudo, conseguir o comportamento adequado pelo controle do ensino (através da tecnologia educacional).”*

No Brasil muito já foi feito para mudar esta realidade, em se tratando de normas, orientações e propostas destinadas aos envolvidos diretamente com a educação. O governo federal, através do Ministério da Educação e Cultura, orienta através dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) que:

*“A presença do conhecimento de Física na escola média ganhou um novo sentido a partir das diretrizes apresentadas nos PCN. Trata-se de construir um a visão da Física que esteja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade. Nesse sentido, mesmo os jovens que, após a conclusão do ensino médio não venham a ter mais qualquer contato escolar com o conhecimento em Física, em outras instâncias profissionais ou universitárias, ainda assim terão adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem.”* (p. 1)

E ainda:

*“a Física deve vir a ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais, que vem resultando no desenvolvimento de diferentes tecnologias e, por sua vez, por elas impulsionado.”* (p. 2).

Nestas orientações é possível observar a necessidade de relacionar as disciplinas entre si e com o contexto social, cultural e histórico do aluno e da própria Física em questão. Como se orienta ainda nos PCN+:

*“Para permitir um trabalho mais integrado entre todas as áreas de Ciências da Natureza, e destas com Linguagens e Códigos e Ciências Humanas, as competências em Física foram já organizadas nos PCN de forma a explicitar os vínculos com essas outras áreas. Assim, há competências relacionadas principalmente com a investigação e compreensão de fenômeno físicos, enquanto há outras que dizem respeito à utilização da linguagem Física e de sua comunicação, ou, finalmente, que tenham a ver com sua contextualização histórica e social.”* (p. 6)

Ainda se recomenda nas competências que devem ser alcançadas:

*“Articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro de uma ciência, entre as várias ciências e áreas de conhecimento” (p. 13).*

*“Compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social” (p. 14).*

Visto tudo que foi citado, percebe-se a necessidade de romper esta sequência de ensino descontextualizado, fragmentado e de resultados passíveis de questionamentos. Para se provocar uma mudança na forma de se ver a ciência num todo e em especial a Física, buscamos uma abordagem diferente da habitual. Visando desmistificar o pesquisador (cientista) e aproximar um tema que os alunos consideravam totalmente distante do seu cotidiano e sem conexão alguma com suas realidades, adotou-se para este projeto uma abordagem que relaciona a ciência com os avanços tecnológicos que esta propicia e as influências que a sociedade faz e sofre junto com esta evolução. Esta é a abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

“Aprendendo e ensinando ciência e tecnologia no contexto da experiência humana” - essa seria uma tradução livre da visão da abordagem CTS pelo Associação de Professores de Ciências (NSTA) americanos. Este tipo de abordagem surgiu no Brasil nas décadas de 60 e 70, visando o letramento científico e a formação plena da cidadania, relacionando a ciência com o cientista, com o contexto histórico em que os avanços tecnológicos são feitos e a influência que a sociedade exerce em termos democráticos e éticos.

No artigo *“Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia– Sociedade), no contexto da educação brasileira”* é feita uma análise referente à abordagem CTS:

*“caracteriza a orientação curricular de CTS como pesquisa e desenvolvimento de currículos que contemplem, entre outros: (i) a apresentação de conhecimentos e habilidades científicos e tecnológicos em um contexto pessoal e social; (ii) a inclusão de conhecimentos e habilidades tecnológicos; (iii) a ampliação dos processos de investigação de modo a incluir a tomada de decisão”.* (Santos e Mortimer, 2002, p. 3 e 4).

Ainda neste artigo:

*“O objetivo central da educação de CTS no ensino médio é desenvolver a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos, auxiliando o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões de ciência e tecnologia na sociedade e atuar na solução de tais questões”.* (Santos e Mortimer, 2002, p. 5).

O referencial teórico utilizado como alicerce para o uso de tal abordagem foram as teorias cognitivistas de Lev Semenovitch Vygotsky e de David Ausubel, pois estão fundamentadas na cognição, onde o aluno conhece, compreende e dá significado ao assunto abordado. Vygotsky defende que a aprendizagem depende fundamentalmente das relações sociais em que o educando está inserido, sendo através da mediação que o indivíduo transforma informações disponíveis em relações cognitivas.

A interação social, na visão vygotskyana, é fundamental para a transmissão do conhecimento construído::

*“o desenvolvimento cognitivo não ocorre independente do contexto social, histórico e cultural”.* (Moreira, 2011, p. 107)

Para Vygotsky, outro fator de grande importância, no desenvolvimento cognitivo é a chamada Zona de Desenvolvimento Proximal que estabelece que:

*“a distância entre o nível de conhecimento cognitivo real do indivíduo, tal como medido por sua capacidade de resolver problemas independentemente, e o seu nível de desenvolvimento potencial, tal como medido por meio da solução de problemas sob orientação ou colaboração de um companheiros mais capazes”* (Moreira 2011, p. 114).

Além de observar tais condições de desenvolvimento, procurou-se também observar a metodologia experimental, sugerida por Vygotsky, que oferece:

*“o máximo de oportunidades para que o sujeito se envolva nas mais diversas atividades que pudessem ser observadas, ao invés de rigidamente controladas”* (Moreira 2011, p.115).

Neste projeto, o professor exerce um papel de mediador, numa proposta que teoriza que o desenvolvimento cognitivo se constrói com referências sociais, históricas e culturais.

Outro referencial teórico com influência muito marcante neste projeto de ensino é a teoria cognitivista de Ausubel.

*“A corrente cognitivista enfatiza o processo de cognição, através do qual a pessoa atribui significados à realidade em que se encontra. Preocupa-se com o processo de compreensão, transformação, armazenamento e uso da informação envolvido na cognição e procura regularidades nesse processo mental.”* (Ostermann e Cavalcanti 2010, p. 19).

E cita também que:

*“Uma abordagem ausubeliana ao ensino da Física envolve o professor em pelo menos quatro tarefas fundamentais. A primeira seria determinar a estrutura conceitual e proposicional de matéria de ensino, organizando os conceitos e princípios hierarquicamente. Uma segunda tarefa seria identificar quais os subsunçores relevantes à aprendizagem do conteúdo a ser ensinado, que o aluno deveria ter na sua estrutura cognitiva para poder aprender significativamente. Uma outra etapa importante seria determinar dentre os subsunçores relevantes, quais os que estão disponíveis na estrutura cognitiva do aluno. Finalmente, ensinar utilizando recursos e princípios que facilitem a assimilação da estrutura da matéria de ensino por parte do aluno e organização de sua própria estrutura cognitiva nessa área de conhecimentos, através da aquisição de significados claros, estáveis e transferíveis.”* (Ostermann e Cavalcanti 2010, p. 23 e 24).

Para Ausubel, o conceito central está na aprendizagem significativa, que é um processo onde cada nova informação está ancorada em conceitos já presentes para o educando. Tais conceitos foram chamados de subsunçores. Neste processo a aprendizagem se faz quando:

*“a nova informação ancora-se em conceitos ou proposições relevantes, preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz.”* (Moreira, 2011, p. 161).

De todas as orientações e análises feitas referentes aos referenciais utilizados, provavelmente a estratégia mais observada para a aplicação deste projeto foi o uso de organizadores prévios proposta na teoria ausubeliana. Eles são materiais introdutórios que facilitam a aprendizagem, pois de certa forma, cria um interesse no aluno quando este percebe relação entre o que ele conhece e o assunto que está sendo inserido em questão.

Ausubel sugere ainda que:

*“Uma das condições para a ocorrência da aprendizagem significativa é que o material a ser aprendido seja relacionável à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não arbitrária e não literal”* (Moreira 2011, p. 164).

Tudo o que foi citado como referencial teórico serviu como linha mestra na condução da elaboração e aplicação deste projeto que ainda contou com a chamada Teoria de Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira de Marco A Moreira, pois nesta teoria:

*“Aprendizagem significativa crítica é aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela”* (Moreira 2011, p. 226).

Muito da abordagem do projeto foi feita cuidando alguns princípios dessa teoria:

- Procurou-se valorizar mais a formulação de perguntas e o encontrar das dúvidas do que achar respostas;
- Trabalhar com múltiplas informações oferecidas na internet e saber selecionar o que importa;
- Não centralizar o trabalho em um único livro-texto;
- Utilizar mapas conceituais como suporte de aprendizado em situações de dúvidas e erros e também como avaliação continuada e progressiva.
- O uso de vídeos e entrevistas como valorização de tecnologias na sala de aula dando suporte ao tradicional quadro negro.



## IV – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 1. Contexto Social

Este trabalho foi desenvolvido com a colaboração de 15 alunos do terceiro ano do Ensino Médio, em 2013, turno da tarde, na Escola Estadual de Ensino Médio Ponche Verde, em Sertão, Rio Grande do Sul. Sertão é um pequeno município no interior, situado em uma região entre o planalto médio e o alto Uruguai, próximo a Passo Fundo e Erechim. Possui em torno de seis mil habitantes, na sua maioria agricultores ou oriundos da agricultura, o que caracteriza a principal fonte de renda das famílias e do município.

O município possui duas escolas de ensino médio, sendo uma o Instituto Federal e a segunda referida como Escola Estadual. Mesmo tendo pleno acesso ao ensino médio e uma estrutura de boa qualidade em escolas e transporte público, muitos jovens não cursam ou não concluem o ensino básico, dado que pode ser evidenciado no reduzido número de alunos da escola estadual que tem, cursando regularmente, aproximadamente duzentos alunos distribuídos em três turnos. O turno da tarde no Ponche Verde é praticamente constituído por alunos que moram no interior, oriundos de famílias que vivem da agricultura e da pecuária de pequeno porte. A maioria destes alunos, quando termina o ensino médio, volta para o campo e não procura por qualquer outra qualificação no ensino superior.

O terceiro ano do ensino médio nesta escola tem na grade curricular dois períodos semanais de Física e o plano de ensino consta dos tradicionais conteúdos para a série: Eletrostática, Eletrodinâmica, Eletromagnetismo e Física Moderna.

A escola tem, como já citada, três terceiros anos, um de manhã, um à tarde e outro à noite e a escolha de se trabalhar com o turno da tarde foi feita através de uma conversa informal de início de ano, sequência da discussão gerada pela aplicação de um questionário sobre o que é ciência e o papel do cientista<sup>4</sup>, já anteriormente mencionado. Este debate foi sugerido nas aulas da disciplina de Redação Científica, código MEF014, oferecida em caráter eletivo no Mestrado Profissional em Ensino de Física do Instituto de Física da UFRGS, no primeiro semestre de 2013.

Na conversa informal com os alunos, buscando conscientizá-los da importância da escola, do estudo, das ciências num todo e da formação de cada indivíduo, evidenciou-se nesta turma

---

4 Ver Âpendice I

uma visão muito distorcida e equivocada do papel da escola e da importância do estudo de ciências e da necessidade de se concluir o ensino básico.

Na opinião de alguns alunos, a ciência parecia não afetar de forma significativa a realidade que eles vivem na agricultura e na pecuária, nem o fato de estudar e concluir o ensino básico teria grande relevância, já que não pretendiam continuar estudando. O cientista por sua vez, na opinião de vários destes adolescentes, seria alguém, longe deste contexto vivido por eles, fechado em um laboratório, descobrindo tecnologias e curas para doenças que eles veem só na mídia (ver Apêndice I: Questionário).

No final do primeiro semestre de aulas, os alunos foram convidados a realizar o projeto: “O Legado de Madame Curie”. De início, sem muita noção do que ocorreria e nem de que assunto seria tratado, a principal dúvida era se teria prova e se haveria uma nota associada aos eventos.

A proposta foi aceita e criou-se até uma expectativa positiva quando entenderam que era um assunto relativamente desconhecido, numa abordagem diferente do costumeiro conteúdo – prova, e que ainda trataria de algo útil para a realidade de todos. De sobra, ainda iriam vivenciar como a ciência ocorre e evolui, utilizando como exemplo a vida e o Legado de Madame Marie Curie, no contexto social e histórico em que ela viveu e também entender que o cientista não está só num laboratório descobrindo tecnologias, totalmente alheio e indiferente ao contexto de uma pequena cidade do interior do estado.

Ficou entendido e previamente combinado com os estudantes que, de início, eles fariam pesquisas em livros, revistas e internet sobre o tema Radioatividade, divididos em grupos, criariam mapas conceituais e que após este estudo, que ainda contaria com a orientação do professor em aulas expositivas realizadas em sala de aula, eles produziriam vídeos com perguntas sobre o tema de Radioatividade e estas seriam enviadas a especialistas nas áreas relacionadas. Ao final do processo, fariam a apresentação de novos mapas conceituais, dos vídeos com as respostas dos especialistas e ainda contariam com um vídeo conferência realizada pelo Professor Johnny Ferraz, do Instituto de Física da UFRGS.

Quanto à avaliação, a proposta é que seriam usados como indicativos a participação, o envolvimento no processo e a construção dos mapas conceituais. Estes itens citados seriam utilizados tanto para avaliar a qualidade do trabalho realizado quanto para avaliar e atribuir notas parciais aos alunos nas disciplinas de Física, Química, Biologia, Língua Portuguesa e História – todas disciplinas colaboradoras no desenvolvimento desse trabalho. Em suma, podemos sumarizar o desenvolvimento do trabalho em 4 grandes fases que se interconectam até o final do trabalho:

i) A primeira é de convite ao assunto. Uma discussão informal sobre ciências e o papel do cientista fomenta perguntas e discussões que culminam com a questão que poderia ser grosseiramente colocada como: “O que o cientista tem a ver comigo (aluno), em uma cidadezinha do interior?”; “A ciência nada tem a ver com a minha vida, visto que é feita longe do meu contexto, longe da minha realidade”. Aqui, o legado de Madame Curie é uma escolha que terá relevância pessoal, local e social para instigar o espírito crítico desses adolescentes;

ii) Uma segunda sistemática de exploração, de busca: nessa fase os alunos coletam informações na rede, em revistas, em livros sem nenhum critério. Um *brainstorm* para ativar a curiosidade, levantar questões, descobrir, inventar e conectar imagens com contextos. A busca por informação é totalmente livre nesta fase;

iii) A terceira fase é uma fase seletiva, os alunos precisam com a mediação do professor, selecionar as fontes confiáveis, selecionar as informações relevantes, formular hipóteses, selecionar questões, repensar novas questões a serem trabalhadas. Está fase de intensa interação aluno-aluno, aluno-professor;

iv) Uma quarta fase que é a tomada de ação. Nessa fase têm-se a estratégia de elaboração do trabalho que será desenvolvido para responder as questões levantadas e selecionadas na fase anterior.

No quadro abaixo, essas 4 fases serão ainda divididas em 7 etapas.

## 2. A aplicação do projeto de trabalho

A proposta de trabalho foi dividida em sete etapas que envolveram a utilização de 10 períodos de Física e outros 8 períodos extraclasse, isto é, fora da carga horária.

ETAPAS	Atividades	Tempo
PRIMEIRA	Exposição do projeto, busca de textos, imagens e pequenos vídeos sobre Radioatividade utilizando livros da biblioteca local e internet.	2 períodos de Física
SEGUNDA	Aula sobre elaboração e utilização de mapas conceituais	2 períodos de Física
TERCEIRA	Vídeos:  I – Mulheres cientistas – Ano Internacional da Química – 2011  II – Madame Curie – Produzido por MGM	3 períodos extras
QUARTA	Aulas expositivas	6 períodos de Física e 2 períodos extras
QUINTA	Gravação das perguntas	1 período extra
SEXTA	Exposição dos mapas de cada grupo	1 período extra
SÉTIMA	Apresentação dos vídeos com respostas e vídeo conferência com o professor Johnny Ferraz	1 períodos extra

## Primeira Etapa

A turma 32 do Ponche Verde contava inicialmente com 18 alunos matriculados, sendo que já em maio a turma já se restringia a 15. Estes 15 estudantes participaram do projeto até a sua conclusão.

Nesta primeira etapa, ocorreu a apresentação e a busca do primeiro contato com o tema Radioatividade. A apresentação foi feita utilizando um projetor multimídia e um computador para visualização de *slides* utilizando *PowerPoint*. A apresentação se encontra no Apêndice II: A Apresentação.

Visando valorizar conhecimentos prévios já internalizados por meio das mídias e a troca de informações entre os participantes, os alunos foram convidados a organizar seis grupos de cinco alunos. **Cada educando participa de dois grupos distintos, segundo suas próprias escolhas**, com colegas de pesquisa oriundos de outros grupos, a fim de estar sempre participando de forma indireta da evolução dos demais. Depois de organizados os grupos ficaram constituídos da seguinte forma (os nomes apresentados são fictícios):

Grupos	Áreas de Especialidade	Alunos
Grupo 1	História, Filosofia e Sociologia	Au Ja Mt Gn Cn
Grupo 2	Química	Dn Di Gn Sa Mr
Grupo 3	Matemática	Bo Ja Mo Dn Di
Grupo 4	Medicina e biologia	Ja Gl Sa Mr Au
Grupo 5	Energia nuclear e tecnologia	Ge, Mo Bo Jo Cn
Grupo 6	Comunicação e divulgação <i>Responsável pela divulgação de todos os processos e etapas do projeto para a comunidade escolar.</i>	Jo Ge Gl Ja Mr

Já organizados, os estudantes foram até a biblioteca<sup>5</sup> da escola imbuídos de procurar por livros e revistas que tratavam sobre a Radioatividade, independentemente do tipo de revista ou da disciplina do livro, sendo didático ou paradidático.

Cada aluno teve liberdade de procurar por aquilo que julgava pertinente à sua delimitação, com exceção dos integrantes do grupo 6, que ainda tinha que fazer o registro do que estava ocorrendo. Os alunos podiam retirar os livros e as revistas para consultas fora do horário escolar e deveriam organizar pequenos resumos daquilo que encontraram para posterior exposição ao grande grupo. Ainda no mesmo encontro, depois da visita à biblioteca, já no laboratório de informática, os alunos procuraram, utilizando a Internet, por artigos, reportagens, históricos e informações didáticas sobre Radioatividade relacionando com a linha de delimitação de cada grupo.

Optamos por não salvar nem citar as pesquisas feitas na primeira fase, pois serviram só como um convite à pesquisa e não como base para retirada de informações.

### **Justificativas, objetivos e aplicação do referencial teórico na Primeira Etapa**

A principal característica do ensino público no Brasil é de ser bancário, onde o professor é informante e o aluno é bem como significa a palavra<sup>6</sup>: sem luz. Marcos J. Chiquetto, em seu artigo: **“O CURRÍCULO DE Física DO ENSINO MÉDIO NO BRASIL: DISCUSSÃO RETROSPECTIVA”**, cita uma reflexão de Michael Apple:

*“O currículo é sempre parte de uma tradição seletiva. O que conta como conhecimento, quem tem autoridade para transmiti-lo, o que é considerado como evidência apropriada de aprendizagem..., tudo isso está diretamente relacionado a maneira como domínio e subordinação são reproduzidos e alterados na sociedade”* (Chiquetto, 2011, p. 4)

Também, reforçando esta realidade, encontramos certa aversão local por parte de muitos professores, de utilizar novas tecnologias, como computadores e internet, pois, segundo opiniões correntes, estas atividades são dispersivas e tornam o ambiente impróprio para aprendizagem.

O objetivo principal desta primeira etapa é evidenciar para os alunos e para toda comunidade escolar que as mídias podem ser úteis quando se tem um propósito e que grande parte daquilo que os jovens conhecem sobre Radioatividade e sobre Física vêm das mídias como revistas, jornais, TV e internet. Segundo Moreira:

*“Este tipo de aprendizagem também permitirá detectar, por exemplo, falsas verdades e dicotomias, as causalidades ingênuas. Contudo, deve ficar claro que este princípio não implica negar a validade de momentos explicativos em que o professor expõe um assunto.”* (Moreira, 2011, p. 228).

---

5 Biblioteca típica de Escola Pública

6 'Alumnus' = Lactente, criança de colo, filho adotivo.

Também nesta oportunidade é feito um comparativo entre a evolução daquilo que eles estão internalizando através das múltiplas e variadas informações de acesso com as pesquisas científicas que ocorrem também em um lento caminhar, diferente de certas concepções de que ciência é descoberta só por inspiração de um único cientista.

## **Segunda Etapa**

A segunda etapa ocorreu duas semanas após a primeira e utilizou dois períodos, nos quais os alunos discutiram a importância da organização dos dados coletados para a própria assimilação e para posterior apresentação. Foi apresentada a possibilidade de uso dos mapas conceituais, recurso totalmente desconhecido até então.

Utilizando o quadro e projeções de multimídia, os alunos tiveram acesso à importância dos mapas e a forma de construção dos mesmos com uso de computador ou manuscrito. Após esta conversa, os grupos começaram a organizar o primeiro mapa conceitual, utilizando somente conhecimentos prévios já internalizados e informações que haviam encontrados na primeira etapa.

Os mapas foram feitos com o uso de papel e lápis, pois mesmo conhecendo formas de construção utilizando softwares específicos ou editores de textos e imagens convencionais, os alunos sentiram mais segurança sem o computador. Chegaram até a vincular o não uso de mapas no futuro devido a necessidade de ter que usar o computador e um software específico; ideia abandonada quando se familiarizaram com a construção manual.

Os *slides* que se referem a aula sobre construção de mapas conceituais estão no Apêndice III: Mapas Conceituais e os primeiros mapas estão no Apêndice IV: Primeiros Mapas. Ressaltamos que os mapas foram digitados posteriormente pelos alunos do grupo 6, para fins de uma melhor visualização.

## **Justificativas, objetivos e aplicação do referencial teórico na Segunda Etapa**

A escolha pelo uso de mapas conceituais, em parte deve-se a evidência de outra forte característica do nosso ensino básico. Além de ser bancário, nosso ensino sugere, na maioria das vezes, que o conteúdo trabalhado em aula é extremamente importante para uma futura prova e somente o bom desempenho na mesma comprova o aprendizado.

Para oferecer outro modo para “avaliar” resultados, o presente projeto convida à utilização de mapas conceituais. O uso de mapas conceituais é empregado não só para avaliação do processo, mas principalmente é utilizado aqui para organizar dados e ideias que os alunos vão

construindo, ou seja, o mapa conceitual é uma forma de organização facilitando em muito o aprendizado. Na Teoria Cognitiva de Ausubel, o mapa tem papel importante. A diferenciação progressiva e a reconciliação integradora são processos determinantes na aprendizagem significativa. Conforme Moreira:

*“A diferenciação progressiva é vista como um princípio programático da matéria de ensino, segundo o qual as ideias, conceitos, proposições mais gerais e inclusivos do conteúdo devem ser apresentados no início da instrução e, progressivamente, diferenciados em termos de detalhe e especificidade. A reconciliação integradora, por sua vez, é o princípio segundo o qual a instrução deve também explorar relações entre ideias, apontar similaridades e diferenças importantes e reconciliar discrepâncias reais e aparentes.”* (Moreira, 2011, p. 169).

A utilização dos mapas conceituais também é justificada pelo fato de estarmos fazendo uma avaliação progressiva, continuada e paralela ao desenvolvimento do processo de aprendizagem, servindo para detectar a necessidade de alterações do processo no decorrer da caminhada. O mapa pode ser bem empregado, segundo Moreira:

*“Como instrumento de avaliação da aprendizagem, mapas conceituais podem ser usados para se obter uma visualização da organização conceitual que o aprendiz atribui a um dado conhecimento. Trata-se basicamente de uma técnica não tradicional de avaliação que busca informações sobre os significados e relações significativas entre conceitos-chave da matéria de ensino segundo o ponto de vista do aluno.”* (Moreira, 2011, p. 5).

### **Terceira Etapa**

Nesta etapa, os alunos foram convidados a assistir um filme sobre a vida de Marie Curie. O filme ***Madame Curie*** é um filme estadunidense de 1943, do gênero drama biográfico dirigido por Mervyn LeRoy. A produção de Sidney Franklin para o Estúdio MGM é uma adaptação inspirada na biografia escrita por Eve Curie, filha da Madame Curie e retrata a vida da célebre Física franco-polonesa duas vezes laureada com o Prêmio Nobel. Este filme foi encontrado na internet no endereço: <http://www.youtube.com/watch?v=P9MxLAvzEAg> (março de 2013).

A escolha por este filme deve-se principalmente ao fato de a produção retratar com muita qualidade, a realidade que vive o cientista, a forma de evolução das pesquisas, as angústias e as conquistas, a aceitação da sociedade diante de uma descoberta e a questão do gênero: como a comunidade científica recebia a mulher pesquisadora.

Em outro momento, os alunos assistiram parte do ciclo de conferências do Ano Internacional da Química em 2011, produzido pela FAPESP. Neste vídeo os estudantes assistiram parte das palestras realizadas pela Professora Dra. Maria D Vargas da Universidade Federal Fluminense, pela Professora Dra. Ana Maria Alfonso-Goldfarb, do Programa de Estudos Pós-Graduados em História da Ciência/ PUC-SP e pelo Professor e Antropólogo Gabriel Pugliese

Cardoso. Nesta oportunidade, os alunos puderam evidenciar a presença da mulher no mundo das pesquisas científicas, em especial das ciências da natureza, e puderam também entender como a sociedade científica aceitava a presença da mulher dentro do contexto. Este vídeo foi obtido junto à internet. No endereço: <http://www.youtube.com/watch?v=RSQVYAi3BN4> (março de 2013).

Tanto o filme citado quanto o vídeo com trechos das palestras, foram assistidos pelos estudantes durante o horário de aula, mas fora da carga horária da disciplina de Física. Foram utilizados períodos em que houve falta de professores. Após essa atividade, conversas informais, durante intervalos ou mesmo em horários de aula, na disciplina de Física e até em outras matérias foram observadas e compartilhadas por alunos e professores, relacionando as dificuldades que Marie Curie enfrentou com as realidades vividas pelos jovens residentes no interior deste pequeno município, de famílias com poucas condições financeiras e com pouca instrução, que mesmo diante de toda tecnologia e facilidades que temos hoje, muitas vezes são incentivadas de forma direta ou indireta a não saírem para estudar.

### **Justificativas, objetivos e aplicação do referencial teórico na Terceira Etapa**

Muitas pesquisas relacionadas com o ensino de Física relatam e defendem o uso de vídeos como ferramenta para melhorar o processo de aprendizagem. Serve de exemplo o artigo da revista Comunicação e Educação, São Paulo, (2): 27 a 35, jan./abr. 1995, de José Moran, sobre o uso de vídeo na sala de aula. Segundo Moran:

*“O vídeo parte do concreto, do visível, do imediato, próximo, que toca todos os sentidos. Mexe com o corpo, com a pele nos toca e "tocamos" os outros, estão ao nosso alcance através dos recortes visuais, do close, do som estéreo envolvente. Pelo vídeo sentimos, experimentamos sensorialmente o outro, o mundo, nós mesmos. O vídeo é sensorial, visual, linguagem falada, linguagem musical e escrita. Linguagens que interagem superpostas, interligadas, somadas, não-separadas. Daí a sua força. Somos atingidos por todos os sentidos e de todas as maneiras. O vídeo nos seduz, informa, entretém, projeta em outras realidades (no imaginário), em outros tempos e espaços.”* (p. 28).

O filme utilizado foi escolhido por retratar a ciência em um contexto histórico, cultural e social, deixando claro para os estudantes como esta ciência evolui e como seu produto chega até nós na forma de tecnologia.

## Quarta Etapa

Após as pesquisas da primeira etapa, os mapas feitos na segunda etapa e os vídeos da terceira fase do projeto, verificou-se por parte dos alunos, o que já era esperado: uma série de dúvidas e discussões de respostas obtidas na primeira fase, de forma distorcida e na maior parte delas, equivocadas. Começamos assim, diante deste contexto de dúvidas e afirmações confusas por parte dos estudantes a trabalhar na quarta fase do projeto.

Na quarta fase ocorreram as aulas tradicionais expositivas com utilização de quadro, projeção de imagens e trechos de vídeos e animações da internet. As aulas foram divididas em quatro encontros de dois períodos, sendo que cada encontro tratava de um ramo do estudo da Radioatividade. O grupo ou os grupos que haviam pesquisado sobre a linha delimitada para aquele encontro abriam a aula-debate, relatando informações obtidas, dúvidas e possíveis respostas para questionamentos feitos por colegas de outros grupos. Estas discussões eram seguidas de intervenções do professor com utilização do material elaborado.

Durante as aulas, novas dúvidas surgiam, a maioria de caráter transdisciplinar. Estas passavam por uma espécie de seleção feita pelos próprios alunos e quando selecionadas integravam o banco de questões que seriam enviadas a profissionais fora do nosso contexto escolar e que seriam respondidas por gravações de vídeo ou vídeo conferência utilizando o software Skype.

Os encontros foram divididos visando limitar a pesquisa dos alunos que desde a primeira fase apresentava falta de organização, informações superficiais de sites e revistas de cunho quase sensacionalistas. A divisão está na tabela abaixo:

<b>PARTE 1</b>	<b>APRESENTAÇÃO</b>	Nova apresentação do projeto e aula sobre mapas conceituais.
<b>PARTE 2</b>	<b>CONTEXTO HISTÓRICO E SOCIAL</b>	Aula sobre principais fatos relacionados com a descoberta da Radioatividade e com o contexto histórico e social da época.
<b>PARTE 3</b>	<b>CONCEITOS DE Física, QUÍMICA, BIOLOGIA E MATEMÁTICA</b>	Abordagem sobre os principais conceitos e teorias considerados indispensáveis para o estudo da Radioatividade.
<b>PARTE 4</b>	<b>GERAÇÃO DE ENERGIA</b>	Estudo de como ocorre a geração de energia em usinas termonucleares e cuidados necessários.
<b>PARTE 5</b>	<b>APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS</b>	Apresentação de algumas utilizações da Radioatividade na indústria, na agricultura e na medicina.

## Justificativas, objetivos e aplicação do referencial teórico na Quarta Etapa

A busca por informações em sites, revistas e livros está como um convite à ciência. É útil para perceber a relação entre ciência e tecnologia, evidencia impactos sociais e ainda serve para mostrar, na comunidade escolar a possibilidade de aprendizagem fora da sala de aula com o tradicional quadro e giz. Essa busca também mostra como é possível utilizar a internet como fonte de pesquisa e possibilita que alunos com diferentes interesses ou perfis possam encontrar informações de fontes diversas e sob distintos enfoques e pontos de vista.

Mesmo com todo acesso às informações, torná-las conhecimento exige um pouco mais de envolvimento de todos. A maioria dos sites e das revistas que tratam sobre Radioatividade, valorizam assuntos como acidentes radioativos, bombas e perigos das usinas nucleares. Ainda, para dificultar a compreensão do estudante, os sites e as revistas mais interessantes em *layout* e curiosidades são os de cunho sensacionalista e, por sua vez, não têm uma responsabilidade com o conteúdo científico necessário que se quer valorizar em sala de aula, além de oferecer pouco para uma real compreensão do assunto.

Faz-se necessário então a organização de conceitos e teorias de forma qualitativa e quantitativa que ofereça condições de um aprendizado pleno com o aprofundamento que vá além de curiosidade e citações sobre o tema. O aluno precisa entender o que realmente já se conhece sobre o tema Radioatividade, as suas aplicações e ter uma concepção da evolução desta ciência como um processo onde descobertas já entendidas são suportes para novos aprendizados.

Segundo Ostermann e Cavalcanti:

*“Uma abordagem ausubeliana ao ensino da Física envolve o professor em pelo menos quatro tarefas fundamentais. A primeira seria determinar a estrutura conceitual e proposicional de matéria de ensino, organizando os conceitos e princípios hierarquicamente.”* (Ostermann e Cavalcanti, 2010, p.23).

No artigo: CONCEPÇÃO DE NATUREZA DA CIÊNCIA E A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA NA FORMAÇÃO INICIAL de Neusa Maria John Scheid e João C. Krause, publicado no Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências, consta que:

*“Para serem capazes de fazer com que a ciência alcance seu papel na sociedade e para se tornarem competentes para tomar decisões democráticas, os estudantes precisam adquirir um entendimento significativo da natureza da ciência, incluindo seu potencial e suas limitações. É preciso haver a alfabetização científica, onde se constrói um “nível mínimo de compreensão em ciência e em tecnologia que as pessoas devem ter para operar a nível básico como cidadãos e como consumidores a sociedade tecnológica.”* (p. 3)

Para oferecer suporte para este nível mínimo, justifica-se esta quarta fase.

## Quinta Etapa

Ainda durante a quarta etapa, paralela à realização das aulas sobre Radioatividade, os alunos fizeram a gravação de vídeos de forma artesanal, ou seja, sem recursos de iluminação ou técnicas de filmagem. Somente utilizavam máquinas fotográficas ou até mesmo celulares que tivessem o recurso de gravar vídeos.

Os vídeos de curtíssima duração, em torno de um ou dois minutos cada, continham a pergunta sobre algo discutido ou questionado durante as etapas do projeto, desde a primeira, com os primeiros contatos sobre o legado de Madame Curie.

No começo, as dúvidas eram anotadas, levadas ao conhecimento da turma e até surgiam possíveis respostas. Se ainda persistiam dúvidas ou se percebêssemos que poderia ser acrescentado mais, estas dúvidas iam para a lista das gravações que seriam posteriormente encaminhadas a profissionais especialistas da área em questão, fora do ambiente da escola, que fariam outras gravações com as respostas ou participariam em algum momento de uma videoconferência para elucidar a questão.

Provavelmente esta etapa foi o “divisor de águas” para os estudantes. Finalmente eles começaram a perceber que todo o estudo que estava sendo feito tinha outra proposta, diferente da tradicional, e que talvez as discussões entre eles, selecionando questões, lendo curiosidades sobre Madame Curie, sobre usinas, sobre pesquisas de Radioatividade ligadas à agricultura, estavam comprometendo muito mais e trazendo o que chamamos de processo ensino-aprendizagem para perto de seu cotidiano.

Para aqueles jovens, fazer uma pergunta em aula, no tradicional sistema de quadro e giz como se fala, já era algo raro. Muito mais difícil foi fazê-los acreditar que poderiam gravar vídeo que seriam enviados para profissionais fora de seu meio cotidiano. Mais assustador ainda para eles: os vídeos iriam para pesquisadores, professores, profissionais que estão envolvidos com a ciência e que não teriam, segundo eles, tempo e atenção para destinar a jovens de uma pequena escola de ensino básico.

Nesta etapa, que foi feita praticamente toda fora do horário de aula, durante intervalos e nas aulas de artes, evidenciou-se também outra estranha realidade - uma espécie de dicotomia - a informação está em todos os lugares, “tem tudo sobre tudo na internet”, como dizem os jovens, mas isso não é suficiente para que consigam elaborar uma pesquisa que leve a uma aprendizagem de forma significativa. Outro dado antagônico: a juventude e a própria comunidade escolar, mesmo longe dos grandes centros comerciais, têm bons equipamentos de mídias, computadores e até um certo conhecimento de informática, mas quando se sugere o uso de um *software* específico para construção de mapas, optam de forma muito forte a não usá-lo, relutam muito para gravar um vídeo e não gostam de falar em público.

Os vídeos com as gravações selecionadas estão no Apêndice V: Gravações de perguntas.

## Justificativas, objetivos e aplicação do referencial teórico na Quinta Etapa

Normalmente, quando se estuda Radioatividade na escola, esta aparece nas aulas de química, ao final do período letivo, sem conexão com o cotidiano dos alunos e ocupando em torno de dois a três períodos.

A disciplina de Química no Ponche Verde utilizava, até o final de 2013, o livro: *Química – Série Novo Ensino Médio de Antônio Sardella da Editora Ática*. Esta obra apresenta a Radioatividade nos capítulos que antecedem a química orgânica e aborda em seus tópicos os tipos de radiação, as leis de desintegração, a fissão e a fusão dando grande ênfase para os acidentes envolvendo Radioatividade.

Para 2014, a escola adotou o livro da Editora Moderna: *Química na abordagem do cotidiano*. Esta obra, além dos itens citados anteriormente, aborda aplicações do uso da Radioatividade com ênfase nos perigos que ela oferece.

Nas aulas de Física, esse conteúdo raramente aparece. Quando já se está nos últimos dias de aula, alguns comentários sobre Física moderna e muito vagamente a tal Radioatividade.

Utilizar uma abordagem CTS com o uso de gravações de vídeos, envolve os estudantes e os insere num novo contexto. Passam a ser participativos, questionadores e preocupados em estar a par de um conhecimento, para poder questioná-lo com qualidade.

Na revista *Ensaio – pesquisa em educação em ciência*, o artigo: **“Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira”**, cita que:

*“O objetivo central da educação de CTS no ensino médio é desenvolver a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos, auxiliando o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões de ciência e tecnologia na sociedade e atuar na solução de tais questões.” e “Dentre os conhecimentos e as habilidades a serem desenvolvidos, HOFSTEIN, AIKENHEAD e RIQUARTS (1988) incluem: a autoestima, a comunicação escrita e oral, o pensamento lógico e racional para solucionar problemas, a tomada de decisão, o aprendizado colaborativo/cooperativo, a responsabilidade social, o exercício da cidadania, a flexibilidade cognitiva e o interesse em atuar em questões sociais.” (SANTOS e MORTIMER, 2002, p. 5).*

Esta quinta etapa é caracterizada pelo trabalho de grupo e envolvimento direto de todos os alunos em seus grupos. Exige dedicação e comprometimento perante os colegas. Esta realidade é primordial para existir aprendizagem na teoria vygotskyana que segundo Ostermann e Cavalcanti:

*“O conceito central da teoria de Vygotsky é o de atividade que é a unidade de construção da arquitetura funcional da consciência; um sistema de transformação do*

*meio (externo e interno da consciência) com ajuda de instrumentos (orientados externamente; devem necessariamente levar a mudanças nos objetos) e signos (orientados internamente; dirigidos para o controle do próprio indivíduo). Uma atividade entendida como mediação, onde o emprego de instrumentos e signos representa a unidade essencial de construção da consciência humana, entendida como contato social consigo mesmo e, por isso, constituída de uma estrutura semiótica (estrutura de signos) com origem na cultura.” (OSTERMANN e CAVALCANTI, 2010, p. 26 e 27).*

## **Sexta e Sétima Etapas**

Conforme as gravações com as perguntas foram sendo efetuadas, os arquivos gerados foram enviados por e-mail para profissionais que trabalham com os assuntos abordados de forma direta ou indireta. Estes profissionais foram convidados com antecedência, de forma informal, a participarem deste projeto. Foram convidados aproximadamente cerca de dez participantes, que pessoalmente ou via telefone ou até mesmo via e-mail, aceitaram colaborar com o projeto.

Foram convidados professores da área de Química, Biologia, Matemática, História, Sociologia e Filosofia, um agrônomo que trabalha com tecnologias de precisão na agricultura, um médico que trabalha com radiologia e o Professor Johnny Ferraz do Instituto de Física da UFRGS.

A lista com os nomes dos especialistas está no Apêndice VI: Participações dos Especialistas.

Alguns destes colaboradores preferiram gravar vídeos também com as respostas, outros alegando falta de tempo, responderam às perguntas por e-mail e o médico e o Professor Johnny participaram via videoconferência.

Nenhum desses participantes pertencem à comunidade escolar, nem mesmo são do convívio dos alunos e foram convidados pela atenção e interesse no projeto, pela presteza e, principalmente, pela bagagem e conhecimento científico que possuem.

Toda a escola participou destas duas etapas que duraram aproximadamente uma tarde. Fora da carga horária de Física, professores e alunos das três séries, assistiram os vídeos com perguntas dos alunos que estavam concluindo o ensino médio e os vídeos com as respostas dos colaboradores. Também assistiram a exposição dos novos mapas conceituais elaborados por cada grupo e projetados numa tela e fecharam a tarde com “chave de ouro” presenciando a primeira videoconferência ocorrida na história da escola: a entrevista com o Professor Johnny Ferraz.

## **Justificativas, objetivos e aplicação do referencial teórico na Sexta e Sétima Etapas**

Estas duas últimas etapas do projeto foram as fases onde mais se evidenciou a proposta de uma aprendizagem significativa, baseada nas relações sociais, onde o que era discutido e questionado fazia parte de uma gama de dúvidas voltadas para o interesse dos educandos. Não estava em discussão nestes debates, um assunto de interesse do professor onde alunos assistem e anotam. Estava em discussão um tema que de forma direta não tinha relação nenhuma com a vivência destes jovens e que após a experiência com o trabalho do projeto passou a ser de interesse por conter significado.

A vida de Marie Curie com sua carreira cheia de obstáculos, causou em alguns uma espécie de indignação, servindo para muitos como motivação para que a juventude lute por seus sonhos.

Dúvidas quanto ao uso de Radioatividade nas lavouras, no diagnóstico de doenças, em tratamentos de câncer, no uso da Radioatividade para obtenção de energia e o risco de acidentes, misturaram-se com questões sobre agrotóxicos, plantas transgênicas, uso de raios X nas áreas da saúde, formas alternativas de produção e transformação de energia e acidentes diversos que ocorrem em nossa região, que afetam o meio ambiente. Com algumas intervenções, estas acaloradas discussões permearam um seminário onde alunos do terceiro ano tentavam explicar para os demais participantes, o que era Radioatividade, onde ela influencia e qual sua importância para a sociedade.

Um debate como este, confere com as teorias cognitivas de mediação de Vygotsky e com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, pois percebe-se que os educandos só participaram quando realmente estavam inseridos socialmente e quando o que se estava estudando tinha significado e relação com o contexto e com algo que já sabiam ou achavam que sabiam.

A utilização de mapas conceituais nesta última etapa também foi importante em dois itens: serviu de ferramenta para organização de ideias, dando seriedade e delineamento para as apresentações e mostrou para toda a comunidade escolar, principalmente professores, novas formas de avaliação com envolvimento de todos os participantes. (Alguns colegas professores chegaram a chamar de uma nova forma de prova oral).

A participação dos profissionais de fora da escola através de vídeos gravados ou de videoconferência foi o encerramento de excelência. Motivou alunos, valorizou a escola como parte integrante da sociedade e não um lugar para deixar os filhos, mostrou para os jovens que quando eles querem, eles têm capacidade de influenciar o meio social e são ouvidos e atendidos por este.

Além de entender um tema que, em princípio, parecia tão distante da realidade deles - a Radioatividade - perceberam como a ciência evolui e como ela se transforma em tecnologia que eles virão a utilizar.

A participação do Professor Johnny Ferraz do Instituto de Física da UFRGS, falando com os jovens de uma forma simples e esclarecedora, desmistificou a imagem do cientista, do Doutor da Universidade Federal que não sai de dentro de um laboratório. Trouxe a imagem de uma pessoa estudiosa, interessada em compartilhar conhecimentos com a sociedade comprovando a abordagem utilizada em todo o projeto. Ficou evidenciado o papel da ciência e do cientista, influenciando e sendo influenciado pela sociedade.

## V – ANÁLISE DO PROJETO E DE SEUS RESULTADOS

Todas as fases desse projeto que serão analisadas na sequência, as apresentações em *PowerPoint* referentes a apresentação do projeto aos alunos, a aula referente a introdução aos mapas conceituais, assim como alguns vídeos selecionados com perguntas dos alunos aos especialistas e algumas das respostas dos mesmos estão disponibilizados no endereço:

[http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n34\\_Cortez](http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n34_Cortez)

Vivemos em uma realidade educacional que é fruto de uma história de acertos e fracassos no que chamamos de processos de aprendizagem. Várias teorias e muitas formas de abordagem com suas ferramentas oferecem um leque de opções para aproximar o estudante do conhecimento. Estamos em plena era das comunicações e das múltiplas formas de acesso à informação onde a notícia e a interatividade acontecem praticamente em tempo real.

Mesmo assim, toda tecnologia em informações e avanços científicos não chegam à educação em tempo real. Não nos referimos aqui a tecnologias educacionais, *softwares* e aplicativos computacionais. Estamos relatando como nós educadores, pensamos em utilizar tais recursos, como aprendemos a utilizá-los e, analisando mais profundamente, o que avaliamos sobre tal utilização.

Não colocamos a culpa em um passado de educação bancária em que fomos criados, mas avaliamos aqui as dificuldades para mudar tal forma de educar, de ensinar e interagir com um educando que já utiliza ferramentas que estão distantes do que chamamos de processo de aprendizagem.

Na aplicação deste projeto, assim como tudo que acontece na educação, ocorreram vários fatos que trouxeram muito aprendizado para todos os envolvidos. Fatos positivos e negativos, mas que proporcionaram a análise deste projeto visando à melhoria do mesmo em próximas aplicações.

Durante o desenvolvimento do projeto percebemos uma dificuldade muito grande em sair do procedimento de aula e métodos de avaliação tradicionais, tanto por parte dos alunos, de colegas professores e da própria escola. Uma proposta de ir ao laboratório de informática soa como “matação de aula”, pesquisar algo sem ter que achar uma resposta para uma questão de prova ou simplesmente indagar ao invés de simplesmente buscar respostas para perguntas colocadas pelo professor pareceu demasiado abstrato, a princípio. Explicar o motivo de buscar conhecimento dessa forma, ao invés do mais simples, que é passar informações e não envolver um

mundo de alterações no que está organizado, tudo isso foi um entrave inicial para a realização do projeto.

Em cada etapa procuramos considerar o referencial teórico e adequá-lo à realidade vivida e relatamos aqui o que vivenciamos.

Desde o início percebemos que seria muito mais fácil trabalhar um tema se este fosse mais tradicional, como mecânica, termologia ou eletricidade. Aceitar um tema como Radioatividade foi o primeiro empecilho. Na opinião de alunos e até de alguns professores que gostariam de se envolver no projeto, Radioatividade é assunto de química e não de Física. Este fato foi considerado como positivo, pois apresentamos um assunto totalmente desconhecido em seus conceitos e verdades e que só era visto nas mídias de forma muito limitada.

A primeira etapa do projeto (Exposição do projeto, busca de textos, imagens e pequenos vídeos sobre Radioatividade utilizando livros da biblioteca local e internet), que foi a apresentação e buscas na biblioteca e internet, tiveram como aspecto positivo o fato da quebra de rotina, da organização de grupos, um tanto complicada, pois cada indivíduo tinha que participar de dois grupos. Aspectos negativos foram observados na forma de pesquisa: quando procuraram e encontraram o assunto em livros, a intenção era copiar no caderno o que estava nas páginas e quando nos computadores, se a conexão não falhava, orientá-los sem dar uma receita pronta, sem dar uma pergunta, foi algo que precisa ser melhorado.

Na segunda etapa (Aula sobre elaboração e utilização de mapas conceituais), os mapas conceituais não foram bem vistos de início. Segundo relatos informais, pareciam fáceis demais, era só escrever palavras e ligá-las: “coisa de primário”. Quando na hora de construir, o oposto: relataram os jovens alunos que era muito melhor escrever teorias prontas em forma de textos convencionais. Outro fato no mínimo curioso: a juventude usa o computador para tudo e na hora de usar a informática para fazer algo novo, preferem o lápis e o papel.

Estes mesmos mapas, constituíram o que consideramos um dos maiores diferenciais e conseqüentemente, vantagens do projeto. Mesmo diante de todos os empecilhos, a ferramenta passou a ser muito bem vista quando os alunos começaram a perceber que o mapa conceitual constitui uma forma de organização de ideias, de retrato físico de uma concepção de conhecimento e que nunca precisa estar pronto. É possível ir construindo e reorganizando conceitos e relações a partir de conhecimentos já adquiridos. Isso é aprendizagem cognitiva e significativa. Os educandos chegaram até a usar mapas em outras ocasiões fora deste projeto.

Na terceira etapa (Vídeos: I – Mulheres cientistas – Ano Internacional da Química – 2011, II – Madame Curie – Produzido por MGM), os vídeos ajudaram a formar uma imagem do cientista, a entender uma época, o contexto social e as questões de gênero. Foi produtivo neste aspecto e também como uma fonte de informações que não estão em livros e que estão na internet, mas que os jovens não conseguem assimilar de forma organizada. O filme assistido serve como um convite ao estudo do tema e já é, também, fonte de informações. Ainda assim, vídeo e filmes são vistos pela comunidade escolar como uma forma de sair da rotina, fazer algo lúdico sem muito compromisso com a aprendizagem.

Na quarta etapa (Aulas expositivas), procuramos partir do debate sobre o que foi encontrado nas pesquisas, sobre as dúvidas levantadas até então para trabalhá-las de forma expositiva e dialogada. Consideramos que ferramentas computacionais não deveriam ser utilizadas nessa etapa, para não criarmos a ideia de aprendizado pronto, baseado em conhecimentos prontos e sim, debatermos e construirmos relações e conceitos que aparecem nas disciplinas de forma fragmentada, mas que são na verdade partes de um todo que tem relação com aquilo que é normal em nossas vidas. Foi quase antagônico tentar fazer isso e mostrar conceitos e leis prontas para um público acostumado a copiar o que é colocado no quadro-negro. Nessa etapa foi fundamental a organização e a seleção das perguntas que seriam feitas aos especialistas. Muitas dúvidas e questões de curiosidades foram trabalhadas na interação entre os próprios alunos e entre alunos e o professor mediador.

Na quinta etapa (Gravação das perguntas) as gravações das perguntas também foram um grande diferencial. Os alunos relutaram, no início, pelo fato da exposição, mas se envolveram em gravar e refinar as perguntas. *“O quê e como perguntar?”*. De positivo, percebemos que quando os alunos querem, envolvem-se e internalizam, confirmando que quando buscamos entender o que perguntar, aprendemos mais que procurar respostas.

Como planejado, o melhor da proposta estava no final, nas etapas 6 e 7 (Apresentação dos vídeos com respostas e vídeo conferência com o professor Johnny Ferraz e Exposição dos mapas de cada grupo). A apresentação dos mapas conceituais pelos grupos e a participação, via vídeos gravados de especialistas e as duas videoconferências, foram de um significado ímpar. Os alunos sentiram-se mestres nas suas áreas de pesquisa, sentiram-se valorizados pela comunidade escolar, quando toda escola participou da apresentação e perceberam que eram importantes como estudantes para a sociedade quando conversaram de maneira muito natural com um especialista em Física nuclear: o Professor Johnny Ferraz.

Aspecto negativo nesta etapa, que terá de ser melhorado para uma próxima aplicação, são os registros dos eventos que não funcionaram conforme o planejado. Ainda na organização dos grupos, o grupo 6 era encarregado da divulgação do projeto, via blog e em pequenas divulgações no ambiente escolar, como compartilhar o que estava sendo estudado nas aulas de Física com professores de outras disciplinas. Isso de fato não ocorreu: o blog, deixado a cargo de alguns alunos perdeu o foco proposto com fotos e fatos que não previstos inicialmente pelo professor, as trocas de ideias não ocorreram com os professores de outras disciplinas pelos motivos mais variados e muitas fotos que deveriam ilustrar partes do projeto foram deletadas por desorganização.

Outro aspecto negativo foi a forma de registrar a participação dos especialistas: alguns prometeram participar, mas quando mandaram as respostas das perguntas, responderam as dúvidas por e-mail, o que não era parte da proposta inicial. As videoconferências, algo revolucionário para o contexto de todos na escola, também apresentou problemas. A videoconferência com o médico durou apenas uns quinze minutos, com falhas de transmissão e com aproximadamente uns quarenta minutos de atraso, devido a problemas de conexão. Tanto a conversa com o médico quanto a conversa com o Professor Johnny, não foram gravadas para

posterior exposição. Segundo nossa análise, esta falta de registros constituiu o principal ponto negativo do projeto como um todo.

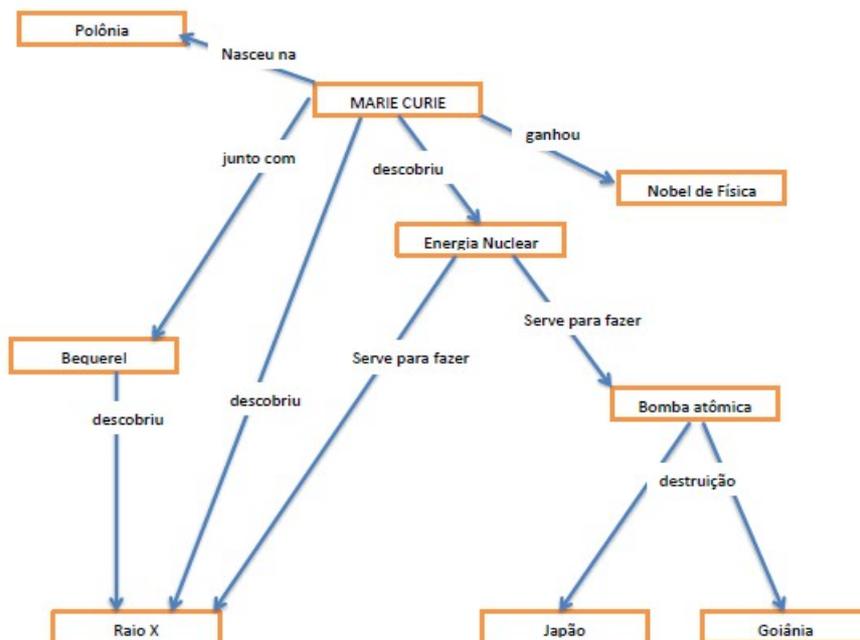
Por fim, acreditamos que um dos grandes diferenciais deste projeto, pelo menos na escola, foram: o uso dos mapas conceituais; a abordagem utilizada para o estudo da Radioatividade, envolvendo os alunos como pesquisadores; as gravações de consultas aos especialistas; os vídeos com as respostas e principalmente a videoconferência com o Professor Johnny Ferraz. Essas atividades citadas certamente promoveram mudança de atitude nos alunos e na própria comunidade escolar, como ficará evidenciado mais ao final dessa dissertação. Na parte de avaliação dos alunos, um aprendizado significativo pode ser observado na comparação entre os mapas iniciais e finais, apresentados no final do ano letivo e nas apresentações de grupos que os alunos realizaram.

Foi uma opção nossa, a não realização de avaliações como provas para nos certificarmos de que houve aprendizado significativo entre os alunos, uma vez que a dinâmica dos trabalhos em grupo, as apresentações e, principalmente, os mapas conceituais ofereceram meios de avaliação (Moreira, 1997, pág. 5).

### **Um breve comparativo entre alguns dos mapas conceituais**

Após a conclusão dos mapas conceituais finais, é possível fazer algumas observações que retratam, de forma muito clara, a distância entre informações obtidas na internet e nos meios de comunicação acerca do tema “Radioatividade” e o conhecimento adquirido e exposto nos mapas finais relacionando conceitos e eventos de forma contextualizada e interdisciplinar.

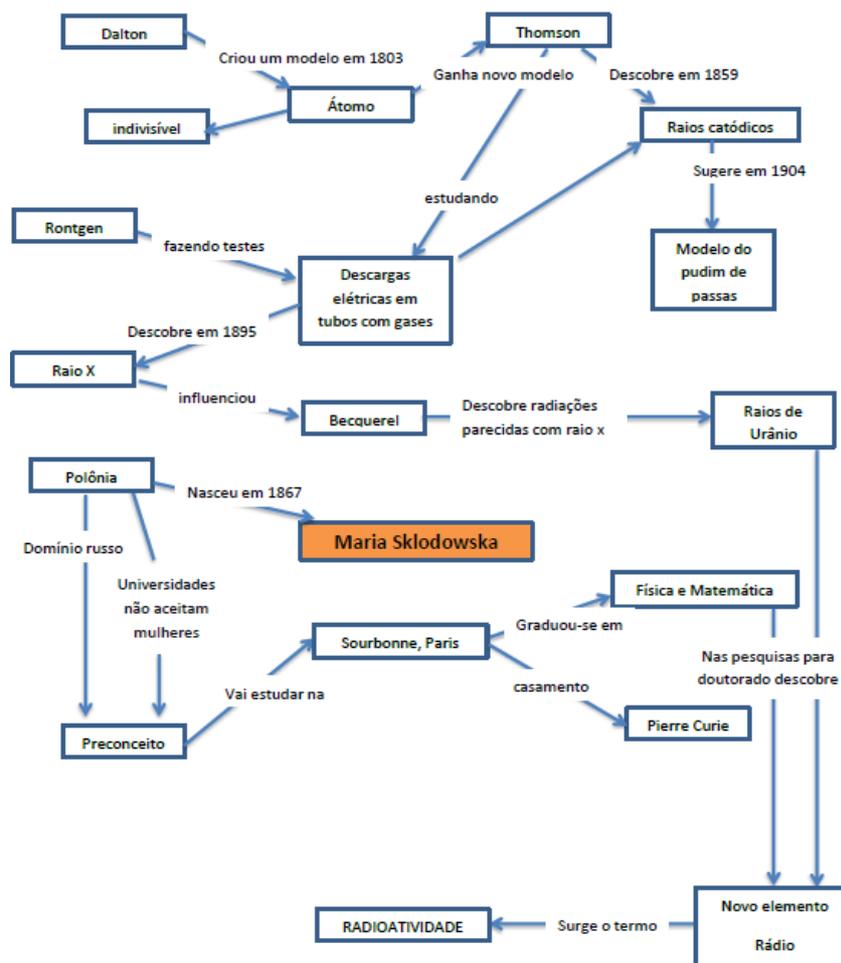
Por exemplo, o primeiro mapa do Grupo 1 – Contexto Histórico (Apêndice IV), relaciona o nome de Marie Curie com descoberta do raio X, juntamente com o nome do físico Becquerel, e ainda vincula a energia nuclear e a bomba atômica aos eventos ocorridos no Japão e em Goiânia. Ilustração de parte do mapa inicial do Grupo 1:



Provavelmente estas informações, extremamente fragmentadas, obtidas sem muita preocupação e interesse, não estavam dessa forma nas fontes consultadas, mas serviram para aumentar uma visão errônea do assunto.

Depois da aplicação de boa parte da proposta, principalmente depois de assistir ao filme, os alunos começaram a ver a pessoa que é o cientista, começaram relacionar conceitos e fatos, até então desconectados, como um processo evolutivo e histórico onde descobertas científicas são feitas a passos lentos, baseados em conhecimentos já construídos por outros pesquisadores.

O mapa final do Grupo 1 (Apêndice IV) apresenta um cuidado muito especial que os alunos tiveram em descrever numa evolução histórica as hipóteses e seus devidos autores, utilizando termos como: “sugere”, “influenciou”, diferente dos termos “serve para” e “descobriu”, utilizados no primeiro mapa. Mapa final do Grupo 1:



Outro comparativo interessante é entre os mapas do Grupo 5 – Energia Nuclear e Tecnologias (Apêndice IV). No primeiro mapa, organizam o mapa com uma espécie de símbolo da Radioatividade, relacionando energia nuclear somente com bombas, acidentes, guerras e ainda citando o carbono 14 com algo maléfico na natureza.

Este tipo de relação: Energia nuclear, o símbolo da Radioatividade, os acidentes e as guerras, estão em muitos sites na internet e somados a desmotivação inicial dos alunos, geram tais opiniões expressas no mapa.

Quando os educandos sentiram-se pesquisadores - (pois sabiam que precisavam entender um mínimo para poder questionar e tinham interesse em questionar), começaram as dúvidas. Algumas eram gravadas em vídeo, outras debatidas nos encontros e pesquisadas de forma bem delimitada na internet e em alguns livros.

No mapa final do Grupo 5 (Apêndice IV), aparecem as aplicações tecnológicas da Radioatividade, de forma diferenciada em seus variados fins.

Em todos os grupos percebe-se que os alunos encontraram aplicações da Radioatividade na sociedade. No cotidiano local, focaram-se muito na agricultura e na medicina. Em todos os mapas

finais encontra-se coerência entre as aplicações da Radioatividade e principalmente, rompe-se uma visão que os alunos tinham de que Ciência, Física e a Radioatividade não se relacionam de forma alguma com nosso contexto social.

Mesmo assim é possível observar, comparando-se os mapas conceituais feitos pelos alunos (todos no Apêndice IV), uma diferença na qualidade e na quantidade de informações relativas ao tema Radioatividade. Merece destaque, por exemplo, a noção de contextualização histórica de época e dos eventos no mapa final do grupo I, algo que não aparece no mapa conceitual feito pelo mesmo grupo no início. Nos mapas finais dos grupos II, III e IV, percebe-se com facilidade que os alunos criaram uma relação entre pressupostos conceituais como modelos atômicos, reação em cadeia e meia vida com novos conhecimentos que antes não apareciam ou que estavam desvinculados. Destaca-se, como exemplo, o entendimento de que existe Radioatividade no nosso meio e não só em bombas e usinas, conforme comparativo dos mapas dos grupos II e IV. Comparando os mapas do grupo V, percebe-se que após o estudo, diferenciam o funcionamento de uma usina com a produção de uma bomba atômica e entendem o porquê que são processos diferentes. Também, como exemplo de aprendizado, é possível observar nos mapas do grupo IV a compreensão do que é raio X, do que é contaminação e irradiação e ainda, as utilizações da Radioatividade na medicina.

Principalmente, o que fica evidenciado neste trabalho não é chegar ao final com alunos sabendo uma série de conceitos e relações, pois talvez chegaríamos a tais resultados por outros métodos mais tradicionais. O que destacamos, é como tudo foi se encaminhando e como a Física foi processada pelos alunos, mesmo eles tendo interesses diversos.

### **A percepção dos alunos e dos colegas professores acerca do projeto de trabalho**

A proposta deste trabalho, desde o início, foi um desafio: a escolha da abordagem CTS, o público alvo, o assunto e, principalmente, a forma e as etapas que os alunos vivenciarão. Provavelmente, o assunto “Radioatividade” seria um dos últimos a ser lembrado, tratando-se de escolher algo que tenha relação com os alunos, ou algo fácil de experimentar em laboratórios ou até mesmo de relacionar com outras disciplinas.

No início da elaboração do projeto, a desconfiança e o receio de tudo dar errado eram os sentimentos mais presentes. Depois de tudo planejado e devidamente apresentado aos alunos, colegas professores e direção escolar, novamente pairavam opiniões de que seriam alguns períodos de “matação de aula”, assistindo filmes e pesquisando sobre bombas na internet e gravação de vídeos com a utilização de celulares.

O trabalho começou e o tema “Radioatividade” era o pano de fundo. O que estava em pauta por várias aulas eram comentários sobre o questionário que haviam respondido acerca do

que é a ciência, quem é o cientista, como foi a vida de Marie Curie, como as suas pesquisas evoluíram, o quanto ela sofreu por questões de gênero e o que fazer com as descobertas da ciência na sociedade.

O comprometimento e o interesse dos alunos, algo vital para o processo, começaram a aparecer quando perceberam que eles estavam fazendo parte de um projeto de pesquisas e descobertas, onde encontrar perguntas também os tornavam 'pesquisadores'. Quando gravaram os primeiros vídeos e organizaram os textos com os professores de Língua Portuguesa, procuravam salas com boa luminosidade e ambiente agradáveis, estava plantada a semente do envolvimento deles.

A participação de profissionais de fora da comunidade escolar criou uma boa preocupação em se fazer bem feito e principalmente criou nos jovens uma sensação de valorização; eles perceberam que podem contribuir para a sociedade e a sociedade olha e participa, quando convidada, do desenvolvimento deles. Muitos alunos, após o seminário final, estavam tão contentes que queriam questionar mais e agradecer a atenção dada pelo Professor Johnny. Foi a primeira videoconferência na vida destes jovens e desta comunidade escolar de Sertão.

Alguns agradecimentos foram rabiscados junto com pedidos de que o Professor Johnny tivesse conhecimento do intento:

*“Adorei esse projeto, as explicações dos professores, a boa vontade dos profissionais que nos deram atenção e nos deram uma visão diferente. Obrigada ao Johnny pela paciência” - Au.*

*“Foi um trabalho muito bom que marcou meu terceiro ano. Gostei de fazer ciência e conversar com um cientista tão atencioso e legal. Obrigado professor” - Sa.*

Todos os agradecimentos dos alunos vinham com comentários relatando interesse em continuar estudando, questionando sobre o Enem, perguntando sobre a carreira do Professor Johnny e como seguir tal caminhada.

O projeto, depois de aplicado e concluído, ultrapassou a fronteira da escola, sendo que colegas professores começaram a utilizar mapas conceituais em 2014, em suas atividades docentes e estão levando para outras escolas a ideia de gravar vídeos com perguntas de alunos, mandar as perguntas para profissionais de uma área específica, envolvendo assim a sociedade com a escola.

A Prefeitura Municipal de Sertão, via Secretaria de Educação, nos fez um convite, a fim de que fosse relatado aos professores da rede pública municipal a nossa experiência sobre a implantação deste tipo de projeto didático.



A foto acima ilustra um momento do evento que ocorreu dia 18 de julho de 2014, com participação de professores e gestores que gostaram da proposta por parecer possível de ser aplicada em qualquer série, abordando qualquer tema com envolvimento da sociedade e de toda comunidade escolar.

Assim, acreditamos que o resultado final foi positivo. Utilizando o Legado de Madame Curie, estudamos a Radioatividade, entendemos sua importância para a sociedade em que estamos inseridos, vimos e vivenciamos como a ciência acontece e principalmente, desmistificamos o cientista e criamos nesses jovens aprendizes o gosto pela pesquisa e pela ciência. Tal abordagem e os métodos utilizados podem ser facilmente utilizados em qualquer ramo das ciências e servem como uma sugestão para a aplicação de projetos nas escolas estaduais para as quais a Secretaria de Educação e Cultura vem orientando de forma incisiva a introdução de projetos com tais características.

## 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do início do projeto, quando indagávamos sobre importância do tema, tipo de abordagem e ferramentas que seriam utilizadas, um grande desafio estava sendo criado: existe uma grande diferença entre projetar um trabalho de ensino, diferenciado e atualizado que tenha significado e contexto para o aluno e transformar este ensino em uma aprendizagem real para um adolescente que não está interessado em estudar Física, por achá-la uma ciência que pouco se relaciona com seu cotidiano. Mais distante ainda, nesta visão, estaria a Radioatividade.

Ciente da magnitude da proposta e das dificuldades que seriam encontradas, escolhemos uma turma em que os alunos estavam apresentando pouco interesse, algo que pudemos constatar pelo teor das respostas do questionário inicial sobre visões sobre ciência e sobre o cientista, que facilmente se resume ao pré-conceito de que ciência é algo feito em uma torre de marfim, distante da realidade da maioria das pessoas e mais distante ainda do cotidiano de jovens de uma pequena cidade do interior.

O início da aplicação do projeto ocorreu de forma um tanto conturbada, com críticas e comentários por vários colegas da comunidade escolar: *“É difícil mudar o que já está estabelecido”* – essa é a lei da inércia totalmente contextualizada, mesmo em nosso pequeno Sertão! *“Medo de errar”* - nunca seremos criativos senão correremos o risco de errar.

*“If you’re not prepared to be wrong, you’ll never come up with anything original.”* - Sir Ken Robinson<sup>7</sup>

*Se não estiveres preparado a estar equivocado, tu jamais farás algo original* – tradução livre.

Os primeiros questionamentos de colegas professores e da direção da escola levantavam dúvidas sobre a viabilidade de realizarmos, no futuro, um evento como esse, se teríamos especialistas, se realmente é importante estudar Radioatividade, se esse tipo de abordagem dá mais resultados que aulas convencionais e principalmente, se os alunos participariam de fato.

Exceto a última pergunta, todas as outras e até algumas que nem aparecem aqui, procuramos sempre responder, explicando que muitas vezes o especialista não participa da escola por falta de convite e que abordar Radioatividade é mais que uma obrigação, além de estar nos currículos do PCN+, está constantemente nas mídias e conseqüentemente criando aprendizagens que muitas vezes ficam confusas e distorcidas na compreensão dos jovens.

---

<sup>7</sup> [http://www.ted.com/talks/ken\\_robinson\\_says\\_schools\\_kill\\_creativity?language=pt-br](http://www.ted.com/talks/ken_robinson_says_schools_kill_creativity?language=pt-br) (acesso em 20/09/14)

Foi discutido também, em um conselho de classe, sobre a forma de trabalho, se esta proporcionaria mais resultado que aulas tradicionais. Conversamos e procuramos sugerir a ideia de que este tipo de projeto não visa substituir ou abolir práticas utilizadas por nós professores, nem tem o intuito de preparar o aluno para uma prova específica de Radioatividade. O objetivo do projeto seria criar um ambiente favorável para que o aluno despertasse, em primeiro lugar o interesse pelo assunto, tirando a tradicional relação “o professor informa e o aluno copia.”

A última pergunta: Será que os alunos participariam de verdade? Esta ficou sem resposta até começar a gravação das perguntas e a organização das apresentações finais por parte dos alunos. Sendo coerente na autocrítica, deve-se admitir que as primeiras partes do projeto não ocorreram como planejadas, pois os alunos haviam aceitado participar com um certo receio e estavam achando que seria uma visita aos computadores, onde fariam algumas extrações de textos, assistir um filme e fazer um relato escrito e assistir algumas aulas utilizando o projetor multimídia. Todas estas técnicas são úteis no processo de ensino, mas não continham a real proposta de trabalho que estava começando.

Quando os grupos fizeram os primeiros mapas, era evidente a falta de comprometimento com o estudo, trouxeram à tona um emaranhado de informações, escolheram palavras-chaves sem muito critério e jogaram no mapa. Como parte do processo, optou-se por não interferir no que estava sendo feito, mesmo sem comprometimento.

Após assistirem o filme da Madame Curie, alguns alunos começaram a preocupar-se com o que haviam assistido, sem intervenção ou relatórios, questionando se as pesquisas da Marie Curie foram levadas a diante, se hoje as mulheres cientistas têm os mesmos espaços que os homens da ciência, se no mundo das pesquisas em tecnologias tudo passa por um período de descrédito, e outras questões, que para eles, não tinha nenhuma relação com Física. Começava, provavelmente aí, uma mudança na forma de ensinar e aprender, pois agora havia um interesse pelo assunto por parte de alguns que em pouco tempo foi envolvendo a sua maioria.

Quando fomos organizar as primeiras gravações de perguntas, ainda com participantes desinteressados, alguns alunos já estavam vivenciando e participando ativamente do estudo da Radioatividade e envolveram praticamente todos nas gravações. Fazer perguntas, gravar vídeos que seriam assistidos por pesquisadores e especialistas fora do contexto dos alunos envolveu-os de uma forma que possibilitou responder a última das perguntas que ainda pairava. De fato, o envolvimento e o interesse que havia sido planejado estava florescendo.

As fases seguintes foram de boa qualidade, próximas do que se esperava. Alunos questionadores nas aulas, preocupados em fazer boas perguntas, preocupados em entender para poder explicar para seus colegas e para as outras turmas quando ocorresse o seminário final e, principalmente, interessados no tema Radioatividade.

O seminário final com a apresentação dos mapas finais e a videoconferência foram o encerramento que comprovaram que alcançamos os objetivos propostos, pois os estudantes, na maioria, envolveram-se, pesquisaram e questionaram. O mais importante, no entanto, é que estudando o Legado de Madame Curie, passaram a ver a ciência, o cientista e a importância de

estudar com um outro olhar. E ainda tiveram contato um tema pouco estudado na escola: a Radioatividade.

Infelizmente, não foi satisfatória a parte que trata dos registros deste projeto, pois encontramos dificuldades em organizar gravações e realizar filmagens com qualidade de som. O uso da internet também sugere algumas atenções às falhas e limitações de transmissão de dados, pois as videoconferências não puderam ser gravadas por estas falhas.

Por fim, acreditamos que mesmo diante de tantos desafios que a educação impõe, e mesmo diante das dificuldades de comprovar eficácia e de dar resultados quantitativos de utilização de determinadas abordagens, devemos incentivar práticas que tragam em primeiro lugar, meios de despertar o interesse do aluno pelo estudo da Física, mesmo quando a Física não é a disciplina favorita desse aluno. Convém ressaltar também, que tanto quanto os alunos, o professor também precisa ser continuamente motivado, continuamente estimulado e continuamente instigado. O professor tem uma tarefa a cumprir que acaba, em suma, sendo ensinar um conjunto de conteúdos específicos de sua área de atuação. Após algum tempo de experiência em sala de aula, não haverá dificuldade com o conteúdo específico, a dificuldade poderá ser justamente aquela que envolve motivar o aluno e se motivar para tal propósito. Um professor inapto a aceitar um desafio, não poderá motivar um aluno a aceitar o desafio de aprender.

O objetivo principal do trabalho proposto foi alcançado quando observamos que alunos desmotivados e desinteressados pelo estudo da Física passaram a perceber que fórmulas matemáticas, leis e conceitos são importantes. Estes fazem parte de um todo muito maior, como ferramentas e regras utilizadas por um carpinteiro numa grande construção são importantes, mas não são a obra e para criar e posteriormente existir o construído; no caso a aprendizagem, é preciso criar o interesse e a vontade de aprender.

Não estava nos objetivos levantar dados quantitativos de aprendizado, nem fornecer um banco de respostas sobre Radioatividade na voz de especialistas da área, mas fica a sugestão para futuras aplicações deste projeto, para que se organize antes da implantação, assim como foi feito com os mapas conceituais, uma sequência de preparação no uso didático de internet, no uso de softwares específicos e na estruturação Física das escolas para realização de vídeo conferências.

## 7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AULER, D.; **Interações entre Ciência-Tecnologia – Sociedade no contexto da formação de professores de Ciências**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **PCN + Ensino médio: orientações educacionais complementares a os Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/Semtec, Brasília: 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em 12 de março de 2014.

CARDOSO H. C. e COSTA, S., **Representações Sociais sobre Radioatividade dos Alunos do Ensino Médio**, 1º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense – SICT-Sul, Revista Técnico Científica (IFSC), v. 3, n. 1., 2012. Disponível em: <https://periodicos.ifsc.edu.br/index.php/rtc/article/view/583>, acesso em 20 de julho de 2013.

CASTILHO, M. I., **Uma introdução conceitual à Relatividade especial no Ensino Médio**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ppgenfis/index.php>, acesso em 20 de maio de 2013.

CAVALCANTE, M. A. e TAVOLARO C. R. C., **Uma Oficina de Física Moderna que vise a sua Inserção no Ensino Médio**, Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.18, n.3: p.297-315, 2001.

CHIQUETTO, M. J.; **O Currículo de Física do Ensino Médio no Brasil: Discussão Retrospectiva**, Revista e-curriculum, São Paulo, v.7 n.1, 2011.

EICHLER, M. L., JUNGES F. e DEL PINO, J. C., **O papel do jogo no ensino de Radioatividade: os softwares Urânio-235 e Cidade do Átomo**. Novas Tecnologias na Educação, CINTED-UFRGS, v. 3, n. 1, 2005. Disponível em: [http://www.iq.ufrgs.br/aeq/producao/delpino/Novas\\_Tec.pdf](http://www.iq.ufrgs.br/aeq/producao/delpino/Novas_Tec.pdf), acesso em 16 junho de 2013.

FAPESP, **Ciência, palavra (pouco) feminina**, Revista Pesquisa FAPESP, vídeo com parte de ciclo de palestras, 2011 <http://www.youtube.com/watch?v=RSQVYA13BN4> acesso em 15 de março de 2013.

FRANKLIN, S. e LEROY M., **Madame Curie** (filme), Produção de Mervyn Leroy, Direção de [Sidney Franklin](#), Estúdio [MGM](#), Adaptação da biografia escrita por [Eve Curie](#), filha de Marie Curie, duração 124 minutos, 1943. Disponível em <http://www.youtube.com/watch?v=P9MxLAvzEAg>, acesso em 10 de março de 2013.

GARCÍA-CARMONA, A. e CRIADO, A. M., **Enfoque CTS en la Enseñanza de la Energía Nuclear: Análisis de su Tratamiento en Textos de Física y Química de la Eso**, Revista Enseñanza de las Ciencias, Investigación Didáctica, 26 (1), 107–124, 2008.

GUIMARÃES, M., **Ciência, palavra (pouco) feminina**, Revista Pesquisa FAPESP, Edição 190, Dezembro de 2011. Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2011/12/26/ciencia-palavra-pouco-feminina/>, acesso em 15 de março de 2013.

JACOB, L. F. R e MESSEDER J. C., **Radioatividade a partir de Vídeos Educativos: Propostas para Aulas de Química**, XVI Encontro Nacional de Ensino de Química (XVI ENEQ) e X Encontro de Educação Química da Bahia (X Eduqui), 17 a 20 de julho de 2012, Divisão de Ensino de Química da Sociedade Brasileira de

Química (ED/SBQ), Instituto de Química da Universidade Federal da Bahia (IQ/UFBA), Salvador, BA, Brasil 2012. Disponível em: <http://www.portalseer.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/viewFile/7821/5546>, acesso em 12 de junho de 2013.

KOMINSKY, L. e GIORDAN, M.; **Visões de Ciências e sobre Cientistas entre Estudantes do Ensino Médio**, Química Nova na Escola, n. 15, Maio de 2002.

- MEDEIROS, R. F. de, **Elaboração de um Material de Apoio Didático e Paradidático para o Ensino de Física das Radiações no Ensino Médio e Técnico**, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ppgenfis/index.php>, acesso em 20 de maio de 2013.

- MORÁN, J. M., **O Vídeo na Sala de Aula**, Revista Comunicação e Educação, v. 1, n. 2, p. 27 -35, 1995. Disponível em: <http://www.revistas.univerciencia.org/index.php/comeduc/article/viewArticle/3927>, acesso em 15 de abril de 2013.

- MOREIRA, M. A. **Física de Partículas: uma abordagem conceitual e epistemológica**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2012.

- MOREIRA, M. A., **Mapas conceituais como instrumentos para promover a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integrativa**. Ciência e Cultura, v. 32, n. 4, p. 474-479, 1980

- MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. 2. Ed. São Paulo: EPU, 2011.

- NEVES, M. C. D., **A História da Ciência no Ensino de Física**, Revista Ciência e Educação, v. 5, p. 73–81, 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v5n1/a07v5n1.pdf>, acesso em 17 de junho 2013.

- OLIVEIRA, F. F. de, **O Ensino de Física Moderna com Enfoque CTS: Uma proposta metodológica para o Ensino Médio usando o Tópico raio X**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <http://www.educacao.ufrj.br/ppge/dissertacoes/fabioliveira.pdf>, acesso em 05 de maio de 2013.

- OLIVEIRA, R. D. V. L de, CHACON E. P. e CHINELLI, M. V., **Radioatividade e Sociedade: a Utilização de um Cine Debate como Ferramenta Pedagógica para a Formação do Cidadão**, III Encontro Nacional de Ensino de Ciências da Saúde e do Ambiente, Niterói/RJ, (2012). Disponível em: <http://www.ensinosaudeambiente.com.br/eneciencias/anaisiienciencias/trabalhos/T209.pdf>, acesso em 09 de junho de 2013.

OSTERMANN, F. e CAVALCANTI, C. J. DE H., **Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio**, Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 16, n. 3, p. 267 – 283, 1999.

OSTERMANN, F. e CAVALCANTI, C. J. DE H., **Teorias de aprendizagem – Texto Introdutório**, Instituto de Física, UFRGS, 2010. Disponível em: [http://www.ufrgs.br/uab/informacoes/publicacoes/materiais-de-fisica-para-educacao-basica/teorias\\_de\\_aprendizagem\\_fisica.pdf](http://www.ufrgs.br/uab/informacoes/publicacoes/materiais-de-fisica-para-educacao-basica/teorias_de_aprendizagem_fisica.pdf), acesso em 25 de maio de 2013.

PANSERA de ARAÚJO, M. C. e outros; **Enfoque CTS na pesquisa em Educação em Ciências: extensão e disseminação**, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v.9, n.3, (2009)

PEREIRA, D. R. de O. e AGUIAR, O., **Ensino de Física no Nível Médio: Tópicos de Física Moderna e Experimentação**, Revista Ponto de Vista, v. 3, Departamento de Física Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2006. Disponível em: [http://www.coluni.ufv.br/revista/?area=volumes\\_03](http://www.coluni.ufv.br/revista/?area=volumes_03), acesso em 24 de maio de 2013.

PEREIRA, S., SANTOS, M. B. P. dos, TORRES, M. C. e KILL, K. B., **Radioatividade: proposta temática para o ensino de Química**, 35ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Sociedade Brasileira de Química (SBQ), 2012. Disponível em: <http://sec.s bq.org.br/cdrom/35ra/resumos/T1344-1.pdf>, acesso em 26 de maio de 2013.

PERUZZO, F. M. e CANTO, E. L. do, **Química na abordagem do cotidiano**, 4. Ed., São Paulo, Editora Moderna, 2006.

- PINTO, A. C. e ZANETIC, J., **É possível levar a Física Quântica para o Ensino Médio?**, Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 16, n. 1, p. 7 – 34, 1999.

- RODRIGUES, A. A., **Divulgação Científica na formação Docente: Construindo e Divulgando Conhecimento por meio do Rádio e da Internet**, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ppgenfis/index.php>, acesso em 25 de agosto de 2013.

- SÁ, M. B. Z. e SANTIN FILHO, O., **Relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade em Livros Didáticos de Química**, Revista Acta Scientiarum. Human and Social Sciences, v. 31, n. 2, p. 159-166, Departamento de Química, Universidade Estadual de Maringá, 2009.

- SANTOS, W. L. P. dos; MORTIMER, E. F.; **Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira**, Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências , v. 2, n. 2, 2002.

- SARDELLA, A.: **Química – Série Novo Ensino Médio**, 2. Ed. – São Paulo, Editora Ática, 2004.

- SCHEID, N. M. J.; PERSICH, G. D. O.; KRAUSE, J. C. **Concepção de Natureza da Ciência e a Educação Científica na Formação Inicial**, VII ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciência, Florianópolis, Novembro de 2009.

- SILVA, F. C. V. da, CAMPOS, A. F. e ALMEIDA, M. A. V. de; **O Ensino e aprendizagem de Radioatividade: análise de artigos em periódicos nacionais e internacionais**, XVI Encontro Nacional de Ensino de Química (XVI ENEQ) e X Encontro de Educação Química da Bahia (X EDUQUI), 17-20 de julho de 2012, Divisão de Ensino de Química da Sociedade Brasileira de Química (ED/SBQ) UFBA, UESB, UESC e UNEB, Salvador, BA. Disponível em: <http://www.portalseer.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/viewFile/7328/5109>, acesso em 28 de junho de 2013.

- SILVA, F. L. da, PESSANHA, P. R. e BOUHID, R., **Abordagem do tema controverso Radioatividade/Energia Nuclear em sala de aula no Ensino Médio – Um Estudo de Caso**, VIII Encontro Nacional de Pesquisa, Associação Brasileira de Educação em Ciência, 5 e 9 de dezembro de 2011, Universidade Estadual de Campinas. 2011. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiiienpec/resumos/R1502-1.pdf>, acesso em 12 de julho de 2013.

-SILVA NETO, J. de, **A Física Moderna no Processo de Formação de Técnicos na Área de Radiologia Médica**, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ppgenfis/index.php>, acesso em 13 de maio de 2013.

- SOARES, S.; **Um Curso de Mecânica Quântica para Professores de Ensino médio**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ppgenfis/index.php>, acesso em 13 de maio de 2013.

- UOL EDUCAÇÃO, Pisa: Desempenho do Brasil piora em leitura e ‘empaca’ em ciências, São Paulo, 2013. Disponível em: <http://educacao.uol.com.br/noticias/2013/12/03/pisa-desempenho-do-brasil-piora-em-leitura-e-empaca-em-ciencias.htm>, acesso em maio de 2014.
- VASCONCELOS, F. C. G. C. de, e LEÃO, M. B. C., **Utilização de Recursos Audiovisuais em uma Estratégia Flexquest sobre Radioatividade**, Investigações em Ensino de Ciências, v. 17, n. 1, p. 37-58, 2012. Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo\\_ID278/v17\\_n1\\_a2012.pdf](http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID278/v17_n1_a2012.pdf), acesso em 15 de agosto de 2013.
- WEBBER, M. C. M., **Inserção de Mecânica Quântica no Ensino Médio: Uma proposta para Professores**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ppgenfis/index.php>, acesso em 20 de maio de 2013.
- WOLFF, J. F. de S., **O ensino da teoria da relatividade especial no ensino médio: Uma abordagem Histórica e Conceitual**, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ppgenfis/index.php>, acesso em 20 de maio de 2013.

## Apêndice I

### QUESTIONÁRIO INICIAL<sup>8</sup>

- 1) O que é ciência para você?
- 2) Que importância tem a ciência para a sua vida?
- 3) Como você imagina o cientista?
- 4) Onde o cientista trabalha?
- 5) Na sua opinião, o trabalho dos cientistas traz algum benefício para o seu cotidiano? Quais?
- 6) Você conhece algum cientista da atualidade? Se conhece, cite o nome e o que ele fez?

---

8: [http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n34\\_Cortez](http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n34_Cortez)

## Apêndice II<sup>9</sup>

### APRESENTAÇÃO

Nesta primeira parte é feito o primeiro contato formal com os alunos, explicando como ocorrerá o projeto, qual a abordagem a ser utilizada, os objetivos pretendidos e a importância de uma prática com este perfil, procurando desde o início diferenciar o perfil do aluno ouvinte do aluno participativo e questionador.

Também é citado, neste momento, o porquê da escolha pelo tema Radioatividade, questionando os alunos sobre o quando realmente sabemos sobre o assunto.

Na sequência, sugere-se um planejamento metodológico para organização das pesquisas, divisão de grupos e principalmente, o papel dos educandos.

Por fim, de forma um tanto superficial, relacionamos o questionário sobre ciência e o papel do cientista (Apêndice I) já trabalhado em sala de aula, com a prática educacional que tentaremos vivenciar, explicando os diferenciais que a proposta contempla e as formas alternativas de avaliação do projeto. Comenta-se aqui, que será preciso muito comprometimento para elaboração de mapas conceituais, gravação de vídeos e seminários com vídeo conferência.

---

<sup>9</sup> [http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n34\\_Cortez](http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n34_Cortez),

## MAPAS CONCEITUAIS

Na apresentação do projeto aos alunos, comentou-se sobre a elaboração de mapas conceituais que seriam destinados como ferramenta organizadora durante as pesquisas e também como um dos mecanismos de avaliação.

Após valorizar o uso dos mapas como algo inovador e conseqüentemente, contando já com a curiosidade dos jovens alunos, restava expor de maneira simplificada o que são os mapas conceituais, como elaborá-los e quais suas funções.

Com os grupos de alunos já definidos, realizou-se a aula expositiva sobre mapas conceituais (disponibilizada no site), com o uso de projeção de imagens e duração de 2 períodos. Nesta aula abordamos as relações entre conceitos e a praticidade de organizar e expor ideias com o uso de mapas.

Discutiu-se com os educandos a necessidade de criarmos ferramentas que criem alternativas para alunos com dificuldade de estudar em livros e que teriam mais facilidade de compreensão se visualizassem pequenas relações entre conceitos e fatos no lugar de textos didáticos.

Para finalizar, debatemos com o grupo a complexidade de avaliar utilizando mapas, diferente da prova objetiva onde contamos com acertos e erros num caráter puramente conclusivo de processo. Conforme cita Moreira (1997):

*“Como instrumento de avaliação da aprendizagem, mapas conceituais podem ser usados para se obter uma visualização da organização conceitual que o aprendiz atribui a um dado conhecimento. Trata-se basicamente de uma técnica não tradicional de avaliação que busca informações sobre os significados e relações significativas entre conceitos-chave da matéria de ensino segundo o ponto de vista do aluno.” (página 5)*

Combinamos com os alunos que seriam apresentados somente dois mapas, um no início e outro no fim, mas que o mapa final começaria a ser construído logo após a entrega do primeiro e mesmo no dia da apresentação, se necessário, ainda faríamos alterações, caracterizando, assim como é o conhecimento científico, um processo de metamorfose que visa o aprimoramento.

---

10 [http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n34\\_Cortez](http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n34_Cortez)

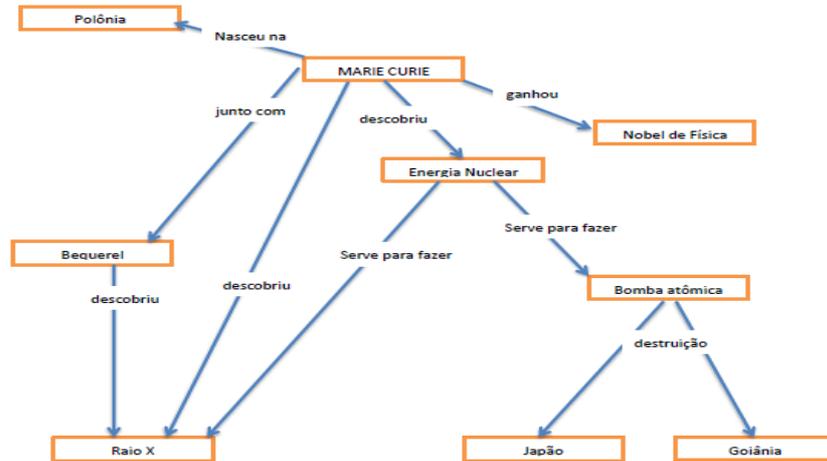
## Apêndice IV – Mapas Conceituais dos Alunos

Todas os mapas estão disponibilizados em melhor escala no endereço: [http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n34\\_Cortez](http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n34_Cortez)

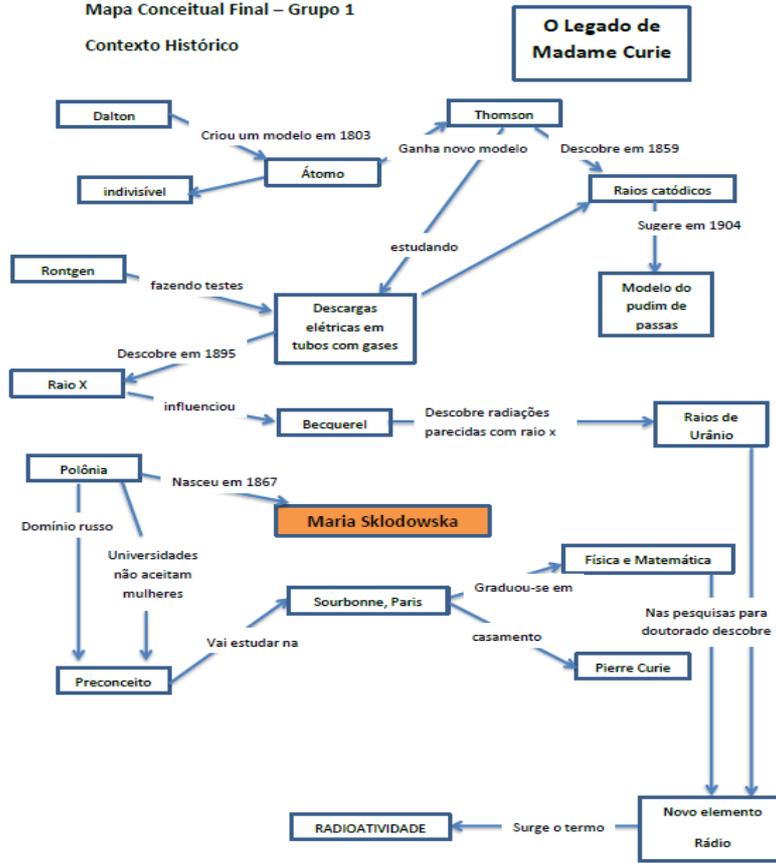
### Primeiros mapas conceituais

Os mapas foram feitos pelos alunos, após uma rápida busca por informações em livros e internet, e posteriormente foram editados neste formato, seguindo um certo critério mas sem alterar suas informações, mesmo não estando corretas.

#### Grupo 1 – Contexto histórico

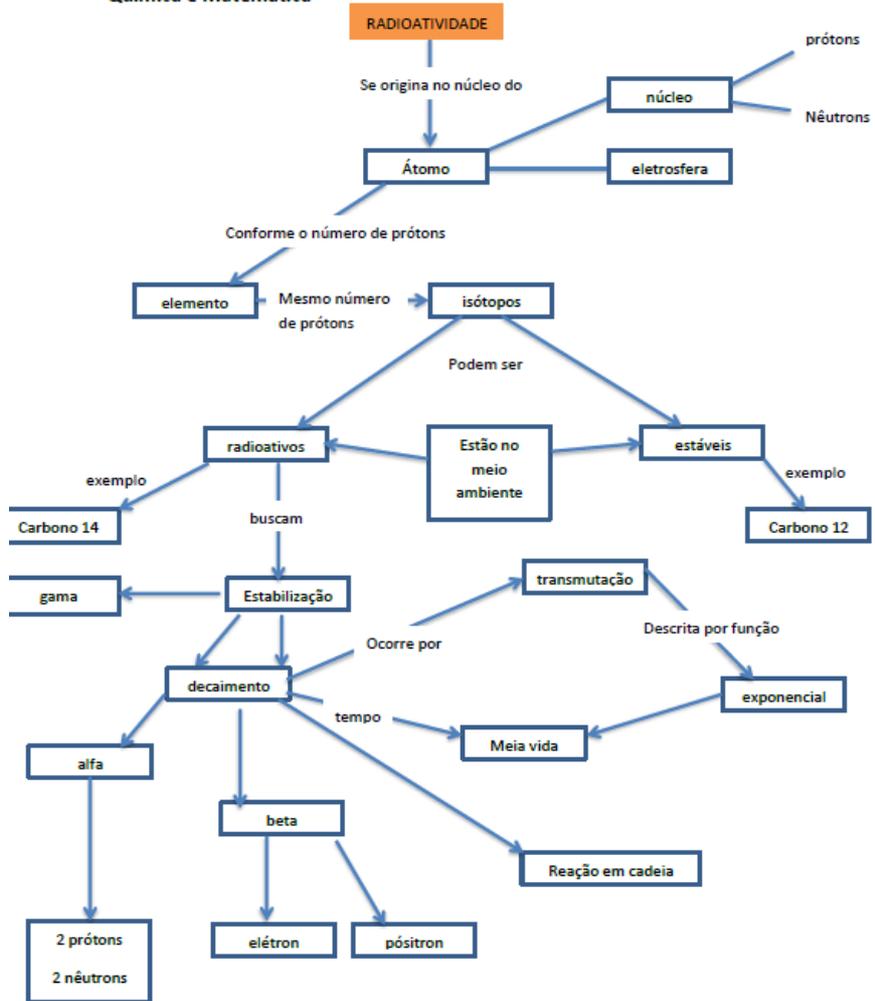


Mapa Conceitual Final – Grupo 1  
Contexto Histórico

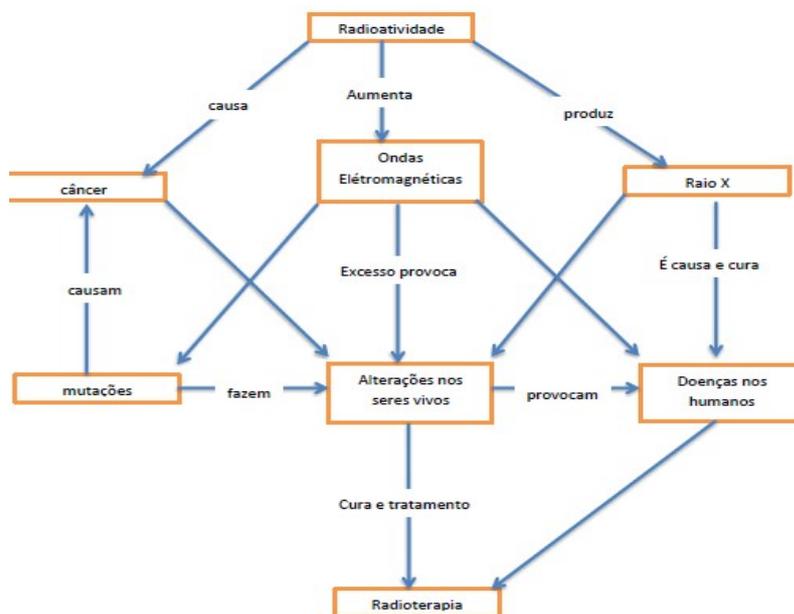


Mapa Conceitual Final – Grupo 2 e 3

Química e Matemática

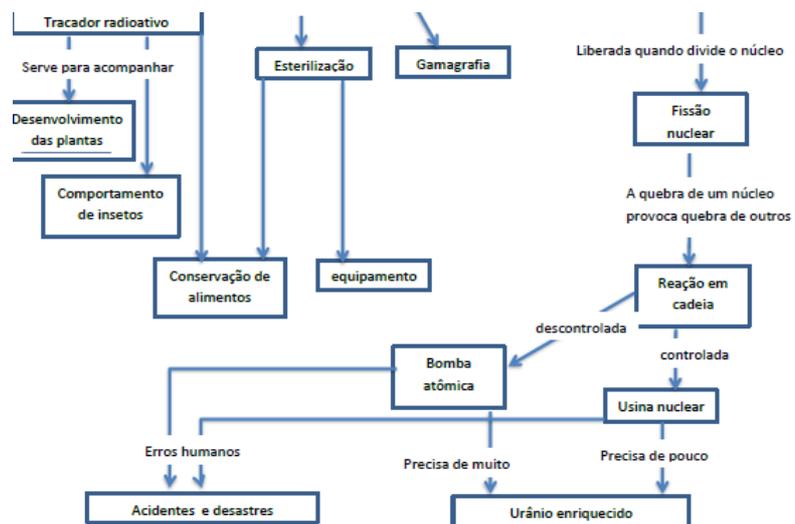
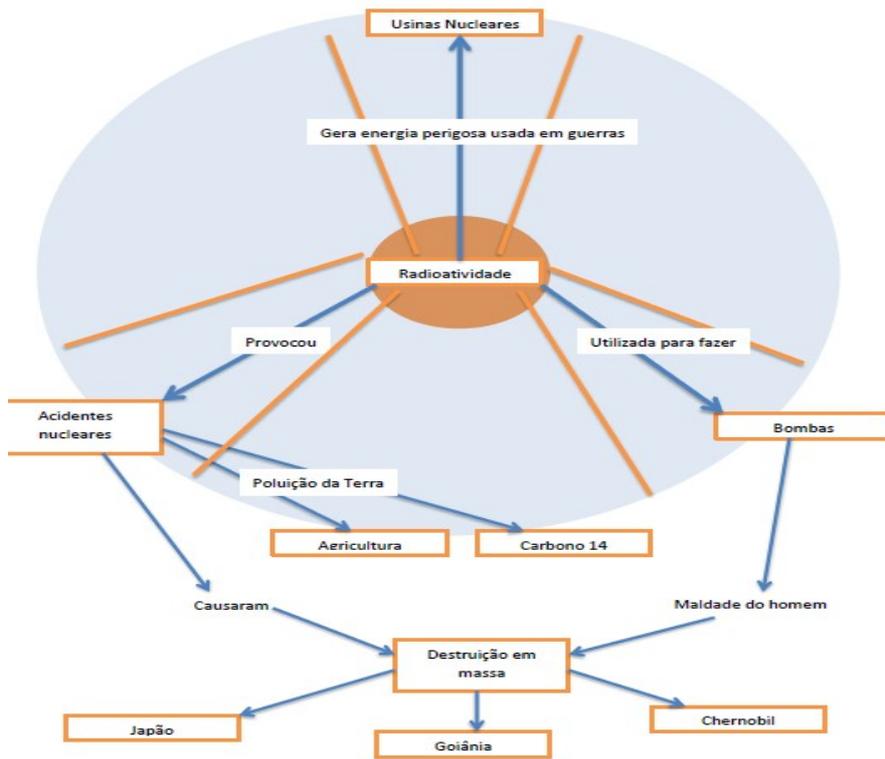


Grupo 4 – Medicina e Biologia

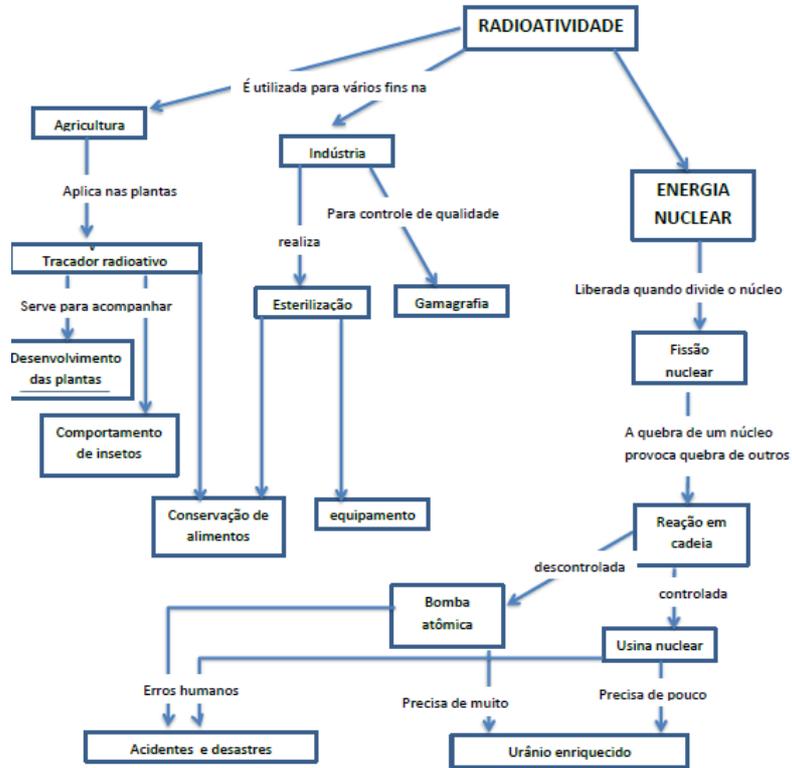




**Grupo 5 – Energia nuclear e Tecnologias**



Mapa Conceitual Final – Grupo 5  
Energia Nuclear e Aplicações Tecnológicas



## Apêndice V<sup>11</sup>

### GRAVAÇÃO DE PERGUNTAS

As gravações das perguntas por parte dos alunos criaram um evento único que envolveu a escola inteira num misto de preocupações com o visual de ambiente e de pessoas com um clima de festa e descontração. Alunos de outras turmas organizavam-se para assistir as gravações com curiosidade e expectativa de realizarem o mesmo evento quando chegarem ao terceiro ano.

A etapa ganhou caráter multidisciplinar quando os alunos buscavam orientações com outros professores sobre produção e correção textual e seleção de perguntas. Mesmo assim, com envolvimento variados por parte de professores, ocorreram muitas seleções de perguntas onde os próprios alunos descartavam algumas gravações e refaziam outras.

Toda a etapa das gravações ocorreu fora da carga horária da disciplina e acabou transcorrendo durante recreios, períodos vagos e outros momentos acordados com professores.

Quando as gravações começaram, ocorreu uma mudança muito positiva no que refere-se ao envolvimento dos alunos, os dedicados desde o início continuavam com o mesmo comprometimento e alguns jovens que não estavam tão interessados, passaram a interessar-se pelo evento quando viram que eram úteis e importantes no processo.

Foram gravados mais de cinquenta vídeos e posteriormente, selecionadas aproximadamente quinze questões e enviadas para os especialistas. Como exemplo, duas gravações estão no site com acesso no link Quinta Etapa.

---

11: [http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n34\\_Cortez](http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n34_Cortez)

## Apêndice VI<sup>12</sup>

### Lista dos Especialistas participantes da Proposta

- 1 – Professora Claudia Brenner, Professora de Química da Universidade de Passo Fundo e do Colégio Marista Conceição de Passo Fundo;
- 2 - Professor Rafael Bissinella, Professor de Biologia da Universidade de Passo Fundo e do Colégio Marista Conceição de Passo Fundo;
- 3 – Professor Diego Baccin, Professor de História e Filosofia do Instituto de Graduação em Filosofia Padre Berthier – IFIBE e do Colégio Marista Conceição de Passo fundo;
- 4 – Professor Tarcus Pinheiro, Professor de Matemática da Universidade de Passo Fundo e do Colégio Marista Conceição;
- 5 – Professor Johnny Ferraz, Pesquisador do Instituto de Física da UFRGS.

---

<sup>12</sup>Todas as fases do projeto estão disponibilizadas no endereço: [http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n34\\_Cortez](http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n34_Cortez), visto que esse material se configura como produto educacional dessa dissertação.