

Raios X, enculturação científico, autonomia e reflexão: uma proposta didática inspirada na pedagogia dialógica

Neusa Teresinha Massoni

Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
neusa.massoni@ufrgs.br

Ghisiane Spinelli Vargas

Escola Estadual de Educação Básica Gomes Carneiro, Porto Alegre
ghisiv@gmail.com

Cilaine Verônica Teixeira

Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
cilaineteix@if.ufrgs.br

Resumo: Neste trabalho relatamos uma experiência didática concebida no âmbito de um Mestrado Profissional em Ensino de Física e inspirada na pedagogia de Paulo Freire para abordar o tema Raios X (matéria e radiações), visando o enculturação científico a uma turma de estudantes do Curso Normal, futuros professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental. Objetivamos gerar autonomia e segurança para que os futuros professores discutam, em aulas de ciências, temas sociocientíficos que desafiam a sociedade moderna. Os resultados indicam que a sequência didática apresenta potencial para promover uma aprendizagem crítica e emancipatória, na perspectiva de futura transposição de elementos associados ao tema trabalhado, contribuindo, assim, para a melhoria da educação científica.

Palavras-chave: Raios X, formação de professores, enculturação científico

Recibido: 01/01/2019

Acceptado: 10/07/2019

X-rays, scientific enculturation, autonomy and reflection: a proposal (nor so Freirean) inspired by dialogical pedagogy

Abstract: In this work we report a didactic experience conceived within the framework of a Professional Master's Degree in Physics Teaching, which was inspired by Paulo Freire pedagogy. The chosen theme was X-rays (matter and radiation), used to provide scientific enculturation for students of the Normal Course, who will teach in the first years of the elementary school. We intended to develop autonomy and self-confidence for the teachers-to-be, enabling them to discuss challenging topics of the modern society in the classroom. The proposed didactic sequence has been shown powerful to bring out inquisitive and emancipatory learning, that might contribute to a better scientific education, by transposing elements related to the discussed theme to the classroom.

Keywords: X Rays, teacher training, scientific enculturation.

Rayos X, enculturación científica, autonomía y reflexión: una propuesta didáctica inspirada en la pedagogía dialógica

Resumen: En el trabajo se hace el relato de una experiencia didáctica en el ámbito del Master Profesional en la Enseñanza de la Física, inspirada en la pedagogía de Paulo Freire, abordando el tema Rayos X (materia y radiación) buscando la enculturación científica de un grupo de estudiantes del Curso Normal, los cuales serán futuros maestros en los años iniciales en la enseñanza básica. El objetivo es generar autonomía y seguridad para que los futuros maestros puedan discutir, en clases de ciencias, temas sociocientíficos que desafían a la sociedad moderna. Los resultados indican que la secuencia didáctica presenta potencial para promover el aprendizaje crítico y emancipador, en la perspectiva de una futura transposición de elementos asociados al tema trabajado, contribuyendo a la mejora de la educación científica.

Palabras claves: Rayos X, formación de maestros, enculturación científica.

1. Introdução

Na atualidade, pesquisadores e educadores de ciências defendem que é essencial que a escola consiga promover uma sólida alfabetização científica, e constatam que o ensino de ciências ainda é bastante tradicional, fragmentado e pouco eficaz. Vários países (e.g., E.U.A, Canadá, Espanha) têm investido em uma nova abordagem de ensino chamada STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*), que busca introduzir as disciplinas de forma integrada desde os anos iniciais da educação escolar (Connor, Karmokar, & Whittington, 2015). Tal abordagem, no entanto, mostra limitações (Quigley, Herro, 2016), abrindo espaço a um ensino e aprendizagem mais equilibrada e transdisciplinar, que inclui artes, design e humanidades – denominada *STEAM (STEM + arts and design)*, que, para os autores, tem ganhado o mundo. Ortiz-Revilla, Greca e Adúriz-Bravo (2018) apresentam resultados preliminares da implementação da abordagem STEAM, no tema eletricidade (pequenos experimentos, repulsão, atração de cargas elétricas e interpretação de dados numéricos simples), ensinado a estudantes do sexto ano do Ensino Fundamental de uma escola pública de Burgos, Espanha, e que parece favorecer o desenvolvimento de competências em física.

É importante observar que essa abordagem é bastante voltada ao interesse desses países em fortalecer a economia. Mas o que dizer da educação das maiorias marginalizadas do Brasil, da América Latina e do mundo? O educador Paulo Freire ensina-nos que esse sujeito marginalizado e oprimido (porque internalizou dentro de si, sem se dar conta, o opressor que lhe tolhe a voz, a palavra e a ação) é portador de marcadores sociais (negro, índio, pobre) e tem vários rostos: o condenado à ignorância (a quem é reservada uma escola pobre e sem qualidade), o explorado econômico, etc. Em seu livro mais conhecido – *Pedagogia do Oprimido* – Freire centra sua reflexão em uma pedagogia que toma como fundamento o diálogo direto com oprimidos/as da nossa sociedade, aprendendo deles o saber da experiência e o seu jeito de ler o mundo, e propondo uma troca de saberes (do popular ao científico), através de uma educação crítica. Em uma releitura dessa obra – *Pedagogia da Esperança*, que narra discussões de Freire com camponeses, indígenas, operários, negros e pensadores de vários países, ele coloca que a esperança nasce da própria pedagogia que toma o oprimido como sujeito; esperança de desfatalizar injustiças e marcadores sociais, de construir um futuro eticamente mais justo e esteticamente mais irradiante, mas, ao mesmo tempo, vigilante e indagador frente à tecnologia.

É neste ponto que se insere o presente trabalho, que narra uma estratégia inspirada na pedagogia freireana que foi aplicada a futuros professores de ciências dos anos iniciais do Ensino Fundamental, e utiliza um tema de Física Moderna (Raios X, matéria, radiações, efeitos das radiações nos seres vivos, etc.) como tema estruturante.

Comumente quando pensamos em construir uma proposta pedagógica freireana, quase naturalmente, vem-nos à mente um conjunto de requisitos: educar para o protagonismo; desenvolver nos jovens a capacidade de sonhar, expressar e aprender com liberdade e criatividade (para que se tornem sujeitos portadores de valores, conflitos e atitudes e não apenas alternativas de consumo); centrar no diálogo, fazendo uma leitura do mundo a partir de falas, vozes, expressões que emergem do seu cotidiano; codificar e decodificar a realidade investigada (isto é, lançar primeiro uma “mirada” crítica à área de estudo, como uma totalidade – codificação – que será cindida e decodificada depois em dimensões parciais, e retomada em sua totalidade), em um processo de busca de “temas geradores”; problematizar a partir de situações concretas; intervir visando à superação de situações-limite e a transformação da realidade na qual os educandos estão inseridos. Para Freire, a educação se dá pela palavra viva que “... é diálogo existencial. Expressa e elabora o mundo, em comunicação e colaboração” (Freire, 1987, p. 11) e não se restringe à transferência de saber, mas toma os sujeitos como interlocutores na busca de significados.

Contudo, nem sempre é possível implementar integralmente essas etapas na escola regular. Possivelmente uma aplicação pedagógica autenticamente freireana, como ocorria nos “círculos de cultura”, é mais viável em projetos educacionais específicos (e.g., Projeto JovemPaz desenvolvido em três pólos: Morro Doce, São Paulo; no Município de Osasco e no Vale do Ribeira, SP, onde foi possível identificar temas-eixo como “*Sustentabilidade e cultura da paz*”; “*Carta da Terra e Agenda 21*”; e “*Cultura, política e comunicação*”, que podem ser vistos em Silva et al., 2004), do que na escola regular. Se tomada ao pé da letra, a pedagogia freireana é, até mesmo, incompatível com a escola do séc. XXI; uma escola da qual se espera a formação de cidadãos competentes para lidar com um mundo em transformação tão veloz que ela não consegue acompanhar; uma escola dividida entre formar para a cidadania e treinar para exames de larga escala; uma escola que mesmo se/quando localizada em locais não periféricos das grandes cidades atende estudantes de microrregiões distintas (frente à necessidade de estudar perto do local de trabalho ou estágio); uma escola de quem se cobra dar conta de uma lista extensa conteúdos, além de atender, não raro, jovens famintos, desprotegidos, desesperançados. Diante dessa realidade, é improvável e mesmo inviável fazer emergir e trabalhar com “temas geradores”, a partir da investigação das palavras, da realidade dos estudantes. Assim, o que aqui narramos é a aplicação de uma sequência enfocada no encultramento científico de um tema de Física Moderna que foi por nós proposto, Raios X (matéria e radiações), mas que buscou suscitar reflexão e autonomia para sua futura tomada de decisão na sociedade. Entendendo que tomada de decisão é um processo que envolve reconhecer um problema, criar metas (pessoais ou coletivas), reunir informações possíveis, analisá-las, propor alternativas de solução e escolher aquela que melhor se encaixa ao problema (Daft, 2005). Como se verá, a proposta é inspirada em Freire, pois permite executar etapas consideradas importantes nesse referencial, mas é importante explicar porque assumimos que esta proposta é “não autenticamente freireana”. Elencamos aqui algumas razões: i) desejamos trabalhar um tema atual de Física com futuros professores de anos iniciais da educação fundamental, sujeitos que não tinham ainda estudado física e, portanto, era preciso introduzir uma base teórica; ii) pretendemos propor esse tema como um desafio, sem que isto lhes soasse ser uma árdua tarefa de memorização de fórmulas e conceitos, mas procurando fazer com que fossem tocados vivenciando situações que permitissem internalizar conceitos e que estes passassem a fazer parte de sua história enquanto professores conscientes de seu papel de formadores (frente à indissociabilidade do contexto de avanço da tecnologia e de desafios postos pelas questões sociocientíficas atuais); e, iii) quisemos abordar um tema contemporâneo, cuja dinâmica pudesse fazê-los perceber a presença da física em suas vidas. Foi assim que nasceu a ideia de trabalhar o tema Raios X (matéria e radiações), propondo dinâmicas diversificadas para facilitar a inserção de conceitos e princípios físicos e para tornar possível sua compreensão, articulando reflexão de questões relacionadas.

2. O contexto

A sequência didática aqui narrada foi concebida no âmbito de um projeto de Mestrado Profissional, do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UFRGS, que resultou em dissertação de mestrado da segunda autora (Vargas, 2018) e foi aplicada a uma turma de primeiro ano do Curso Normal, em 2016, com dezoito (18) alunos frequentes. O Curso Normal corresponde ao ensino profissionalizante de nível médio; certifica a conclusão do Ensino Médio e habilita a lecionar na Educação Infantil e anos iniciais do Ensino Fundamental (do 1º ao 5º ano). Como já dito, o mundo atual está imerso na tecnologia: aparelhos de celulares, *internet*, micro-ondas são exemplos de tecnologias presentes no cotidiano. Porém, muitos jovens não reconhecem os conhecimentos científicos que foram necessários para que tais equipamentos pudessem integrar suas vidas. Este distanciamento em é enfatizado nas Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica:

Apesar de a maioria da população fazer uso e conviver com incontáveis produtos científicos e tecnológicos, os indivíduos pouco refletem sobre os processos envolvidos na sua criação, produção e distribuição, tornando-se assim indivíduos que, pela falta de informação, não exercem opções autônomas, subordinando-se às regras do mercado e dos meios de comunicação, o que impede o exercício da cidadania crítica e consciente (Brasil, 1997, p. 22).

Assim, a justificativa para a escolha de um tópico de Física Moderna e Contemporânea – Raios X (matéria e radiações) – deve-se à sua atualidade e ampla aplicação em várias áreas da tecnologia e saúde, mas, particularmente, porque pode ser tomado como tema estruturante, na perspectiva de Freire, para eliciar reflexões críticas junto aos futuros professores. Além disso, o tema alinha-se à nova legislação, a Base Nacional Curricular Comum (Brasil, 2018), que normatiza a elaboração do currículo de Ciências da Natureza em três unidades temáticas: *Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo*.

O contexto aqui é o de uma escola pública estadual de Porto Alegre, RS, envolvendo uma turma de primeiro ano do Ensino Médio do Curso Normal. Tivemos também o objetivo de apresentar a Física como uma ciência contextualizada historicamente e em permanente construção; de enculturar cientificamente futuros professores para que tenham mais segurança no debate de questões sociocientíficas e, assim, formar cidadãos críticos.

A segunda autora atuou como docente nesta proposta, tem anos de experiência docente no Curso Normal (antigo Magistério), e percebeu que boa parte desses estudantes tem dificuldades conceituais e desinteresse pela Física. Um dos resultados desse cenário é a forte tendência de ensinar ciências nos anos iniciais do Ensino Fundamental apenas abordando temas de Biologia, pois a formação desses professores favorece essa visão. Outras pesquisas que realizamos mostram que mesmo professores dos anos finais do Ensino Fundamental optam por não ensinar Física, por não se sentirem preparados (Vargas, Massoni e Teixeira, 2017). Assim, é importante que se pense em uma renovação curricular do Curso Normal, integrando Química, Física e Biologia, e visando à formação de um profissional diferenciado, consciente e enculturado cientificamente.

3. Referencial teórico e aspectos metodológicos

A proposta foi planejada no formato de uma sequência didática visando facilitar enculturação científico no Curso Normal. A sequência fundamentou-se nos 3 Momentos Pedagógicos (3MP) oriundas da Pedagogia freireana, tomada como referencial teórico.

O humanismo e a esperança histórica da pedagogia freireana colocam o educando no centro de suas reflexões, como um ser integral (dotado de ações, pensamentos e sentimentos) e toma a educação como um caminho viável à transformação. Isto só é possível, para Freire, se nos opusermos à “educação bancária”, em que o educando assume papel passivo, receptor de conhecimentos. Educação bancária seria “o ato de depositar, de transferir, de transmitir valores e conhecimentos” (Freire, 2000, p. 59). Para além de transferir conhecimento, argumenta Freire (2007), ensinar é “...criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção” (p. 47) e conscientização de realidade problematizando-a. Para desvelar a realidade, propõe um primeiro momento pedagógico, a *problematização inicial*, como um primeiro diálogo sobre tema/situação cotidiana e geral, propondo que “o fatalismo diante da realidade, característico da percepção distorcida, cede seu lugar à esperança... que move para a transformação” (Freire, 2016, p. 66).

No segundo momento pedagógico, conhecido como *Organização do Conhecimento* (Delizoicov, 2008), planejamos estratégias para apresentar os conhecimentos científicos (Raios X, ondas, radiações e efeitos sobre os seres vivos). Freire propõe refletirmos sobre a importância do ensino e o papel do professor no terceiro momento pedagógico, a *Aplicação do Conhecimento*, ao escrever:

Na verdade, meu papel como professor ao ensinar o conteúdo a ou b, não é apenas o de me esforçar para, com clareza máxima, descrever a substantividade do conteúdo para que o aluno o fixe. Meu papel fundamental, ao falar com clareza sobre o objeto, é incitar o aluno a fim de que ele, com os materiais que ofereço, produza a compreensão do objeto em lugar de recebê-la, na íntegra, de mim. Ele precisa se apropriar da inteligência do conteúdo para que a verdadeira relação de comunicação entre mim, como professor, e ele, como aluno se estabeleça (Freire, 2007, p. 118).

Sugere Freire (1987) que se pode representar essa investigação em “círculos concêntricos”. A ideia dos círculos concêntricos é que se parta do mais geral ao particular; nos círculos menores estão situações-limite, as subáreas e as unidades específicas. Partindo de diálogos sobre situações cotidianas do educando, desafia-se a que origine pontos de vista sobre ele e daí pensarmos os conteúdos programáticos. Fizemos isso movidos por ideias, sonhos e utopias que nascem da esperança freireana, pois “desesperança nos imobiliza e nos faz sucumbir no fatalismo (...). Não sou esperançoso por pura teimosia, mas por imperativo existencial e histórico” (Freire, 2016, p. 14).

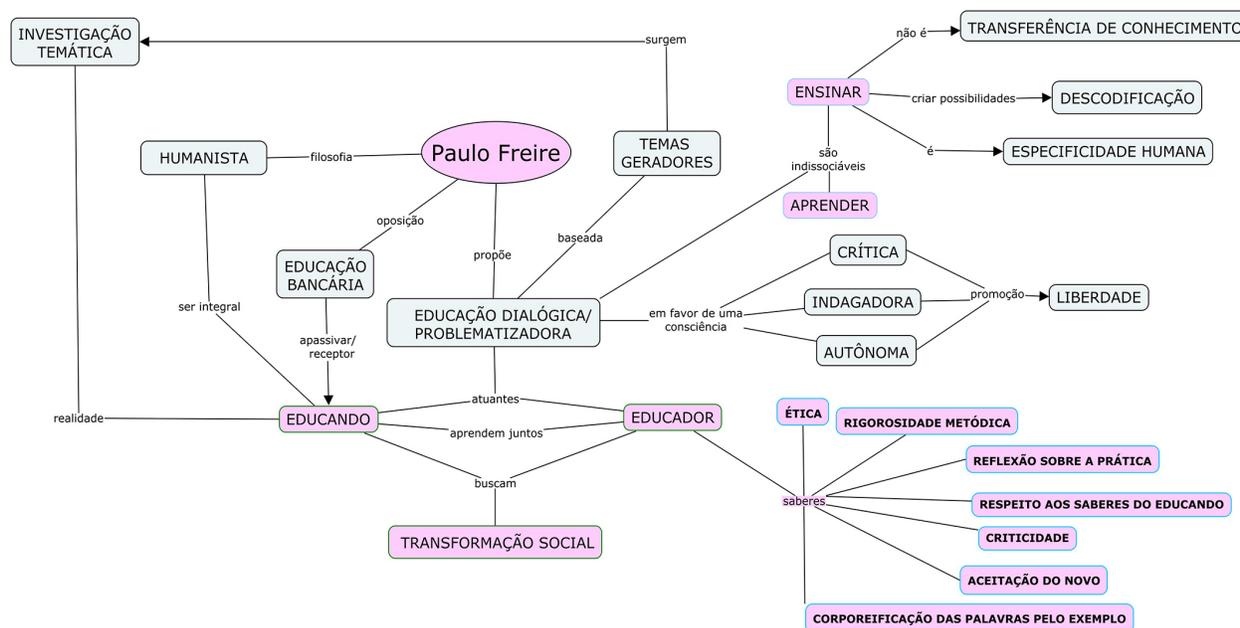


Figura 1: mapa conceitual das principais ideias de Freire. Fonte: construído pela segunda autora, Ghisiane Spinelli Vargas.

Algumas das principais ideias de Paulo Freire são sintetizadas na Figura 1, que também reflete saberes fundamentais à prática docente comprometida com uma educação progressista, em favor dos educandos, e a responsabilidade ética do fazer docente.

4. Aplicação da proposta em turma do Curso Normal

A aplicação foi acompanhada pela professora titular da disciplina de Física da escola, que aceitou a intervenção no horário regular de aulas de uma turma do Curso Normal, disponibilizou vinte horas-aula de 50 minutos cada, distribuídas em dez encontros.

	Tempo	Atividade	Objetivos de ensino
Encontro 1	2 h-a	O que tem na caixa?	<p>Propiciar um diálogo inicial para levantamento dos conhecimentos, dúvidas e interesses dos alunos a respeito do tema “Matéria e Radiação” e, assim, iniciar a problematização do tema;</p> <p>Apresentar e introduzir a utilização da ferramenta mapas conceituais;</p> <p>Construir um mapa conceitual coletivo dos conceitos iniciais acerca do tema “Matéria e Radiação” a partir de objetos do cotidiano e suas representações.</p>
Encontro 2	2 h-a	Artigo sobre Raios X	<p>Propiciar um contato inicial com alguns conceitos de Ondulatória e Física Moderna (matéria e raios X);</p> <p>Propiciar a aproximação do educando com a linguagem científica;</p> <p>Fomentar a elaboração pelos alunos de questões sobre o tema como forma de subsidiar a discussão dos conceitos abordados no artigo nos encontros posteriores.</p>
Encontro 3	2 h-a	Ondas: conceitos introdutórios	<p>Subsidiar a formalização dos conceitos relativos ao estudo de ondas, tipos, características e classificação;</p> <p>Propiciar aos estudantes a aproximação com a linguagem científica.</p>
Encontro 4	2 h-a	Ondas: conceitos e relações matemáticas	<p>Propiciar situações em que os estudantes pudessem relacionar os conceitos sobre ondas: construção do espectro eletromagnético;</p> <p>Formalizar a relação matemática entre velocidade, frequência e comprimento de onda.</p>
Encontro 5	2 h-a	Formação dos Raios X	<p>Sistematizar conceitos referentes à produção dos raios X;</p> <p>Fomentar a percepção e compreensão do caráter histórico e social na produção do conhecimento científico, bem como sua disseminação e utilização pela sociedade.</p>
Encontro 6	2 h-a	Formação dos Raios X	<p>Fomentar a percepção e compreensão do caráter histórico e social na produção do conhecimento científico, bem como sua disseminação e utilização pela sociedade;</p> <p>Construir um mapa conceitual acerca do tema “Raios X” a partir</p>

			da leitura do texto de apoio oferecido aos estudantes (artigo) e dos debates promovidos em aula.
Encontro 7	2 h-a	Retomada da formação dos Raios X	<p>Propiciar uma análise dialógica e problematizada dos mapas conceituais elaborados pelos estudantes e dos conceitos relativos à formação dos raios X;</p> <p>Oferecer situações nas quais os estudantes pudessem relacionar e aplicar os conceitos sobre ondas, bem como as relações matemáticas envolvidas no seu estudo;</p> <p>Incentivar a autonomia e a criticidade através da apropriação e discussão dos conhecimentos científicos relativos ao tema Matéria e Radiação para a elaboração da dramatização.</p>
Encontro 8	2 h-a	Proteção Radiológica	<p>Promover um debate crítico sobre os riscos e benefícios da exposição à radiação, efeitos biológicos, bem como as medidas de proteção;</p> <p>Incitar reflexões acerca da disponibilização e acesso da população aos benefícios advindos da utilização dos raios X na área médica;</p> <p>Oferecer aos estudantes um momento de reflexão sobre os raios X, sua formação, seus riscos e benefícios e os aspectos sociais e culturais relacionados à sua utilização.</p>
Encontro 9	2 h-a	Dramatização matéria e radiação: conclusão da elaboração	<p>Retomar a reflexão sobre os raios X, sua formação, seus riscos e benefícios e os aspectos sociais e culturais relacionados a sua utilização;</p> <p>Subsidiar a preparação de uma dramatização que envolvesse os conceitos estudados e também aspectos históricos associados à “descoberta”, avanço e uso dos raios X;</p> <p>Incentivar a autonomia e a criticidade através da apropriação e discussão dos conhecimentos científicos.</p>
Encontro 10	2 h-a	Apresentação das dramatizações Entrando em cena!	<p>Envolver os educandos em um momento de reflexão sobre os raios X, sua formação, seus riscos e benefícios e os aspectos sociais e culturais relacionados a sua utilização, através da apropriação pelos educandos dos conhecimentos científicos, enfatizando os aspectos históricos e sociais na sua construção;</p> <p>Auxiliar os futuros professores a compreenderem seu papel como mediadores do conhecimento e agentes transformadores da realidade.</p>

Quadro 1: panorama dos encontros e dos objetivos de ensino da presente proposta.

No primeiro encontro realizamos a “problematização inicial”, seguindo os Três Momentos Pedagógicos. A atividade foi chamada “O que tem na caixa?” e consistiu em dispor os educandos em círculo, sentados em torno de uma folha grande de papel pardo, na qual eram largados os objetos que iam sendo retirados de uma caixa, que circulava de mão em mão, contendo alguns objetos cotidianos (radiografia, protetor solar, miniatura de um micro-ondas, boneca e animais de pelúcia, celulares, rádio). Os educandos foram avisados de que eram objetos do cotidiano ou que representavam seres (pessoas, animais) e que de alguma forma se relacionavam com o tema a ser estudado. Para cada objeto retirado da caixa era solicitado que o descrevessem, comentassem sua utilidade e sua relação com os demais objetos e, depois, posicionassem o mesmo sobre o papel pardo. Concluída a retirada, a professora-pesquisadora propôs questionamentos incitando um diálogo sobre semelhanças e diferenças entre os objetos, problematizando sua relação com o tema Raios X (matéria e radiação). À medida que tentativas de explicações foram surgindo, os objetos foram sendo reposicionados no papel pardo. No final, o nome de cada objeto foi escrito com pincel atômico no lugar que ele ocupava e relações entre eles foram representadas por palavras de ligação, fazendo surgir um mapa conceitual coletivo.

A atividade foi muito bem aceita pelos estudantes por ser diferente do tradicional. Sentados no chão da sala de aula negociando significados e relações entre os objetos retirados às cegas da caixa, esse momento propiciou reflexões iniciais sobre o tema proposto. Apresentamos um exemplo de diálogo que se seguiu à retirada da radiografia da caixa e que indica como houve participação ativa e trocas entre educandos-educador (sendo que os estudantes são aqui indicados pela letra E seguida de um número):

E4: Este é muito fácil! É um Raio X e a gente usa pra ver os ossos quebrados, quando a gente se machuca.
Professora-pesquisadora: Ver os ossos é a única aplicação da radiografia?

E6: Podemos também ver outras partes do corpo, serve pra ver por dentro. Já fiz um raio X do pulmão, mas porque estava muito gripado, não tinha nada quebrado.

Professora-pesquisadora: E onde vamos colocar a radiografia? Com quais objetos podemos relacionar?

E4: Vou colocar perto da pessoa, porque ela faz os raios-X.

Objetos como *óculos de sol* e *protetor solar* foram relacionados com “proteção contra a radiação do Sol”; uma representação do próprio Sol foi associada às lâmpadas e ao micro-ondas sob o argumento de que ambos produzem luz e calor. Essa dinâmica revelou saberes dos estudantes: “ensinar exige respeitar os saberes dos educandos” (Freire, 1996, p. 30).

Foi também um momento de conhecer melhor os estudantes: a maioria disse que não era de Porto Alegre (eram da região metropolitana), poucos disseram estar ali por gostarem de se tornar professores; seguiam uma tradição familiar (avós, mães, irmãs tinham feito o Curso Normal) ou haviam sido matriculados ali por decisão da família.



Figura 2: imagem da atividade do primeiro momento pedagógico – montagem do mapa conceitual coletivo.
Fonte: foto capturada pela professora titular da escola.

A professora-pesquisadora encerrou a atividade explicando conceitos iniciais: uma das características de objetos como celular, lâmpadas, controle remoto, micro-ondas, Sol, rádio é a de emitirem ou funcionarem através de ondas eletromagnéticas, que seria discutido na dinâmica. Explicou o significado da interligação de conceitos em um mapa conceitual.

No segundo encontro teve início o segundo momento pedagógico, “Organização do Conhecimento”: características das ondas; distinção de ondas mecânicas e eletromagnéticas; conceitos associados à estrutura da matéria, radiações, energia, etc. Os estudantes foram solicitados a fazer uma primeira leitura do artigo intitulado “Raios X: um tema instigante para a introdução da Física Moderna e Contemporânea na sala de aula do ensino básico”¹ e foram avisados que o objetivo era o de tomar contato com o texto e que deveriam anotar palavras, expressões, conceitos desconhecidos e formular questões a serem entregues no final da aula. A listagem das palavras/conceitos desconhecidos é de suma importância para a proposta, pois ao pensarmos a educação como um processo dialógico, todos os envolvidos precisam utilizar e reconhecer a mesma linguagem.

Toda a atividade foi acompanhada pela professora-pesquisadora que circulou pela sala auxiliando. Algumas palavras esclarecidas no próprio grupo, revelando certas intuições e saberes experienciais dos educandos. O estudante E6 explicou a seu grupo que oscilar era sinônimo de variar, falando para os colegas: “é como o humor de alguém que fosse bipolar, variando entre ora muito feliz e eufórico, ora muito triste”.

O resultado da atividade não foi bem o esperado; demoraram muito tempo para iniciar a leitura; dispersavam-se com facilidade; demonstravam falta de familiaridade com a leitura; nenhum grupo leu integralmente o artigo. Isso revelou como, às vezes, as expectativas do professor não se concretizam, demandando criatividade para propor novas e diferentes dinâmicas.

¹ O artigo utilizado foi construído especialmente para servir de base para a dinâmica aqui narrada e pode ser obtido a partir de: http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID349/v12_n2_a2017.pdf. (Teixeira, Massoni e Vargas, 2017).

O terceiro encontro iniciou com a retomada de semelhanças e diferenças entre objetos e suas características, já levantadas no debate inicial. A ideia era explicitar que Raios X, assim como a luz e as ondas de rádio, são ondas eletromagnéticas. O artigo da aula anterior foi novamente distribuído impresso, para que os estudantes acompanhassem a explicação e relacionassem com figuras que estavam no texto, incitando a que adquirissem, aos poucos, familiaridade com a linguagem científica. Houve momentos em que os estudantes participaram com comentários enriquecedores, por exemplo, E6 disse que se uma “onda sísmica” fosse produzida em regiões abaixo do oceano gerariam os *tsunamis*.

Foi introduzida a noção de ondas transversais e longitudinais; de frequência, de comprimento de onda, amplitude, período de ondas. Fizemos uso da simulação “Onda em corda” disponibilizada na web pelo *PhET Interactive Simulations*² e de demonstrações com uma mola, sempre intercaladas por questionamentos, e tempo para que o diálogo ocorresse sem preocupação com o erro; o erro era tomado como oportunidade a novas explicações. Com auxílio de *slides* abordamos ondas mecânicas e eletromagnéticas. Como estes conceitos são abstratos, utilizamos um ímã sob uma folha e limalha de ferro para dar uma ideia das linhas de campo magnético.

Esse encontro foi produtivo, os diálogos que se estabeleceram foram ricos, os estudantes participaram, ficaram encantados, razão por que foram deixados, nos minutos finais, livres para manipular a mola, a simulação computacional, os ímãs e as limalhas de ferro.

O quarto encontro foi uma atividade que buscou sistematizar as características das ondas e introduzir a noção de espectro eletromagnético. Cada pequeno grupo recebeu um envelope contendo palavras: ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, Raios X, raios gama, muito energética e pouco energética; além de um “esqueleto” do espectro eletromagnético. A tarefa era negociar significados e a organizar as palavras de maneira a montar o espectro. Concluída essa montagem, houve um debate no grande grupo para favorecer a compreensão de que a frequência está associada à energia da onda.

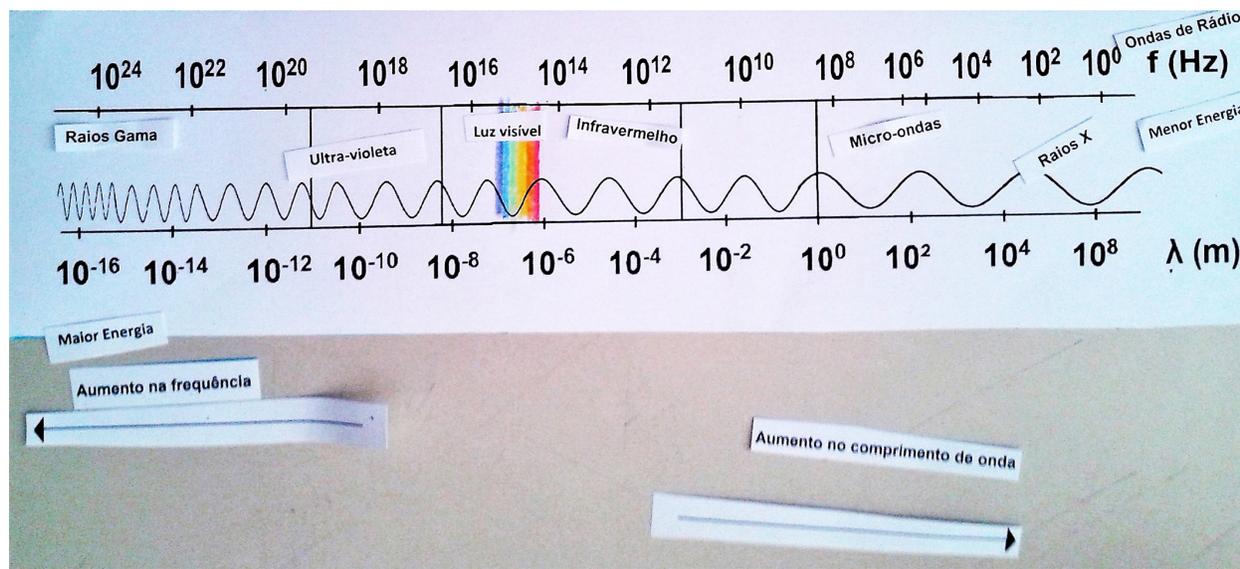


Figura 3: espectro elaborado pelo Grupo 4.

² Simulação pode ser encontrada em: https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_pt_BR.html, Acesso 10 de abr 2018.

Essa atividade, apesar de simples (recortar palavras, discutir seu lugar e montar o espectro eletromagnético) gerou encantamento nos estudantes e fez surgir algumas reflexões sobre a importância de sua organização (no futuro) quando fossem professores. A professora-pesquisadora alertou da necessidade de planejarem as aulas enfatizando que a organização docente permite a otimização do tempo em sala e que isto é aprendido, pois “ninguém nasce professor”. Para Freire (2007), “sua presença na sala é de tal maneira exemplar que nenhum professor ou professora escapa ao juízo que dele ou dela fazem os alunos” (p. 65).

No final houve a formalização da relação matemática que associa a velocidade de propagação da onda à frequência e ao comprimento de onda; foi retomada a leitura do Artigo (que trazia também as expressões matemáticas) e foram resolvidos exemplos, como forma de fixar conceitos e desenvolver habilidades matemáticas.

Na sequência de encontros os conceitos e teorias científicas que embasam a produção de Raios X foram retomados e aprofundados através de atividades diversificadas (releitura do artigo, exercícios, uso de simulações, mapas conceituais, etc.).

No quinto encontro abordamos a formação dos Raios X em nível atômico (ilustrando com animações e simulações e alertando que simulações³ são modelos construídos pelos cientistas e não são a realidade); os estudantes comentaram que estavam estudando em Química a nomenclatura das camadas atômicas e mencionaram K, L, M, N, O, P e Q; foram feitos alguns vínculos para introduzir o conceito de fóton e discutir a formação (em tubos) de Raios X (radiação de frenagem, destacando que os Raios X produzidos pela desaceleração de elétrons não dependem do material do alvo no tubo, mas sim da tensão aplicada); fizemos uma abordagem histórica da descoberta dos Raios X, com auxílio de um vídeo sobre a experiência de Röntgen⁴. A dinâmica foi acompanhada pelos estudantes destacando e retornando trechos do Artigo. Na sequência, foi lida uma pequena reportagem⁵ que mencionava a situação do sistema de saúde pública brasileira como, por exemplo, informações da distribuição por regiões de aparelhos mamógrafos e algumas recomendações da Organização Mundial da Saúde sobre cuidados da saúde da mulher. Seguiu-se um diálogo a respeito de Raios X, sua repercussão na vida social e usos na medicina. Foi entregue uma lista de exercícios que deveriam entregar na aula seguinte.

No sexto encontro, no âmbito do segundo momento pedagógico, foi proposta a construção de um mapa conceitual em grupos. O objetivo era retomar e aprofundar o entendimento de conceitos da estrutura da matéria, ondas, radiações, formação de Raios X, usos médicos. A tarefa foi auxiliada pela professora-pesquisadora e fez uso de anotações feitas por eles no texto do Artigo, selecionando conceitos considerados fundamentais para o traçado do mapa. Por fim, os grupos apresentaram e explicaram à turma o seu mapa conceitual.

Esse foi um momento acompanhado por professoras-orientadoras da Universidade, pois teve o potencial de revelar certas lacunas e incompreensões sobre os conceitos trabalhados, como se pode ver na Figura 4. Um grupo verbalizou, na explicação do mapa, que “Raio X é o elétron”. Verificamos também que “Raio X” é uma expressão cotidiana para se referir à radiografia (imagem comumente solicitada por profissionais da saúde); este saber cotidiano ainda gerava confusão e alguns estudantes não conseguiam definir cientificamente o que é Raio X. Isto ia revelando a im-

³ Detalhes sobre a dinâmica e animações utilizadas nesse (e nos demais encontros) podem ser obtidos em Autoras (2018), disponível em: http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/tapf_v29n2.pdf

⁴ Vídeo sobre a formação dos raios X disponibilizado por TED-Ed disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=gsV7SJDCCY4>.

⁵ A reportagem corresponde ao Apêndice E do Texto de Apoio (Vargas, Massoni e Teixeira, 2018), disponível em: http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/tapf_v29n2.pdf

portância de compreender conceitos científicos para formação da criticidade dos educandos, embasada na distinção dos diferentes significados de uma mesma palavra. Revelou também o quanto era difícil para alguns educandos apresentar trabalhos aos colegas, pois se mostravam tímidos, utilizavam uma linguagem pouco científica e, não raro, suas falas eram marcadas por erros conceituais, revelando a necessidade de mais discussão e tempo para que a aprendizagem se tornasse significativa.

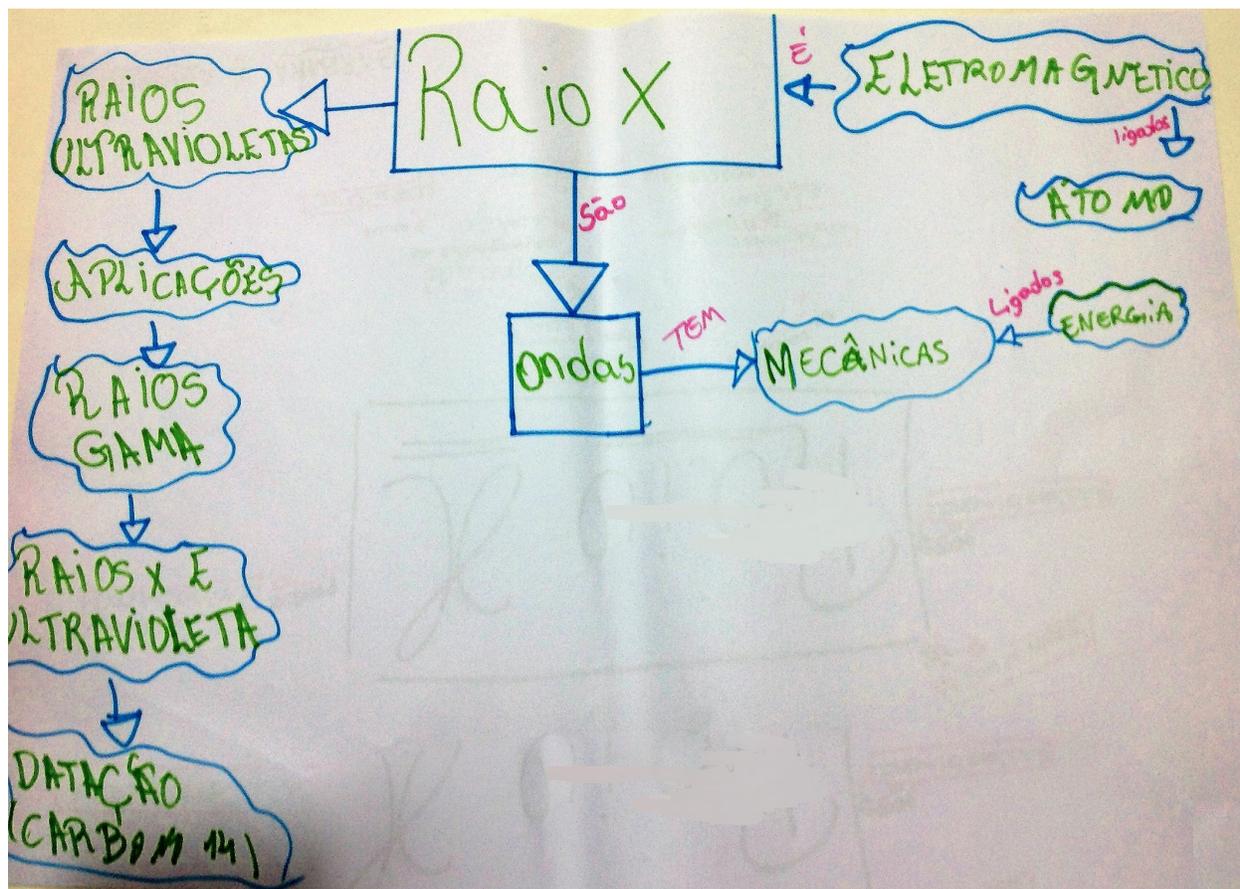


Figura 4: mapa conceitual elaborado por um dos grupos
Fonte: imagem capturada pela professora-pesquisadora (segunda autora).

A aula encerrou com a promessa de uma retomada dos conceitos a partir dos mapas conceituais, isto é, a partir de erros as ideias seriam reconstruídas. Foram avisados de que a atividade final do módulo seria uma espécie de peça teatral, como, por exemplo, um programa jornalístico de entrevistas que eles deveriam preparar e apresentar.

O sétimo encontro começou com os estudantes dispostos em círculo e projetando na tela os mapas de cada grupo; um amplo diálogo teve lugar em que pontos positivos (dos mapas) foram destacados e elogiados e os erros foram elementos úteis para esclarecer conceitos, relações matemáticas e noções que pareciam não bem compreendidas sobre os Raios X e a interação com a matéria. Esse momento não fora planejado originalmente, mas houve um excelente feedback sobre a aprendizagem dos estudantes. Este é o papel contributivo do “mapa conceitual” no ensino, isto é, trata-se de um instrumento que tem função de avaliar a aprendizagem, não no sentido de atribuir nota, mas de obter informações sobre o tipo de estrutura que o estudante constrói para um dado conjunto de conceitos (Moreira, 2012).

Foi finalizada a lista de exercícios que alguns não haviam entregue e foi sugerida a constituição de dois grupos para planejarem as dramatizações que seriam a atividade final (sugerimos que alguns personagens históricos fossem representados (Wilhelm Konrad Röntgen e Max Von Laue) e alguns personagens atuais (um(a) físico(a), um(a) médico(a), um(a) representante de uma ONG, um (a) repórter, etc.). Os estudantes receberam com empolgação a ideia da dramatização. Deveriam abordar: formação dos Raios X, proteção radiológica, fatos históricos, condições/ acesso a recursos tecnológicos que utiliza Raios X.

O oitavo encontro finalizou o segundo momento pedagógico e foi destinado à explicação de radiações ionizantes e não-ionizantes; interação dos Raios X com matéria biológica e um debate a partir da leitura de uma reportagem sobre a disponibilização e acesso da população a equipamentos e benefícios advindos da utilização dos Raios X na área médica. O diálogo buscou fazer com que socializassem ideias e vivências, fomentou uma análise crítica dos dados da reportagem, consequências, riscos e benefícios, aspectos sociais e culturais relacionados à utilização dos Raios X. O diálogo foi articulado pela professora-pesquisadora através de uma sequência de questionamentos (A exposição à radiação só acarreta malefícios? Existem níveis seguros de exposição à radiação? O que vocês sabem sobre a existência de controles nos hospitais sobre a utilização da radiação/ dos Raios X? Os profissionais que trabalham nos setores de radiologia estão expostos a grandes riscos? Vocês conhecem a profissão do físico médico? Onde ele atua?). O texto lido informava o número de aparelhos de Raios X e mamógrafos (usados no diagnóstico de câncer de mama) e sua distribuição na rede pública (Sistema Único de Saúde) e privada do país.

Apresentamos alguns extratos do longo diálogo:

E4: Sora... é verdade que colocar desodorante causa câncer de mama? Minha vó me falou que prejudica...

E11: Eu vi uma reportagem, que tem desodorantes, aqueles de spray, que tem muito...que tem um produto que é muito forte e pode causar um câncer...

Professora-coorientadora: Como eu trabalho com pesquisa na área do desenvolvimento de materiais para cosméticos, gostaria de contribuir. Houve alguns desodorantes no passado que tinham na sua composição umas partículas de metal para evitar o suor. Hoje, os desodorantes já não têm mais esses componentes. Muitas vezes alguém na internet retoma essas informações do passado e divulga novamente, e acaba apavorando a população. Mas podem ficar tranquilos e continuar utilizando desodorantes...

E2: Eu acho que essa coisa, assim, quando tu para analisar os gráficos... eu fico bem chocada porque tu vê que no país é tudo privado. São poucas as coisas que se tem o acesso pra maior parte do povo. Nem todos podem pagar (...).

Professora-pesquisadora: (...). Mas a nossa constituição prevê o acesso aos recursos da saúde para toda a população. Vocês sabem de quem é a responsabilidade na gestão pública, como os hospitais...?

E16: Na verdade as pessoas não sabem nem de quem cobrar. Não sabem que é o município que cuida das UBS.

E6: Exato, o acesso à informação talvez seja o “X” da questão!

E3: Eu já vejo de outra maneira! Tipo tem gente (...) sem noção que acha que o presidente ou o governador vai mudar alguma coisa. Não (...) é todo o conjunto...

Professora-pesquisadora: (...). Vocês estarão no futuro trabalhando com os pequenos, com a formação inicial das crianças, então trazer essas questões para a sala de aula é muito importante para desenvolver a for-

mação crítica dessas crianças.

Professora-pesquisadora: E o técnico em radiologia e o médico, vocês acham que eles estão expostos a algum risco?

E2: Eles têm um tempo menor do que as outras pessoas.

E9: Eles se aposentam mais cedo porque ficam expostos à radiação.

E6: Mesmo que eles corram pra trás daquela placa gigante pra se proteger, mesmo assim eles correm riscos.

Destacamos apenas parte do longo diálogo que se estendeu por quase um período de aula e teve a participação ativa dos estudantes. Suas reflexões foram profundas, revelaram uma pluralidade de opiniões frente aos desafios que não se resumiam em respostas padronizadas, mas davam indícios de uma criticidade crescente. Nas palavras de Freire (2000), “enquanto a prática bancária (...), implica numa espécie de anestesia, inibindo o poder criador dos educandos, a educação problematizadora, de caráter autenticamente reflexivo, implica num constante ato de desvelamento da realidade” (p. 70).

A Aplicação do Conhecimento, terceiro momento pedagógico, ocorreu nos nono e décimo encontros através da apresentação de dramatizações sobre os Raios X (Matéria e Radiação). No nono encontro os estudantes não se sentiam preparados para as dramatizações: tinham dificuldades de se reunir fora da escola, vários já trabalhavam. E5 resumiu a situação dizendo: “Sora, ninguém tem nada pronto e tu precisa nos ajudar a organizar hoje”. O referencial freireano ajudou-nos a reafirmar o compromisso de realizar uma formação integral, despriorizando tecnicismo em busca de uma educação emancipatória e libertadora, razão por que negociamos com a professora titular para que cedesse mais um encontro de duas horas-aula para concluir da sequência didática. Assim, ficou decidido que organizariam as apresentações, e iniciariam um teste escrito. No décimo e último encontro, organizaram as vestimentas e os materiais e iniciaram as dramatizações. O primeiro grupo fez um programa de debate com personagens que representavam uma médica, uma física, um físico e uma representante de uma ONG, com tema “Ondas eletromagnéticas, matéria, radiação e o Câncer”, mediado por uma apresentadora em que abordaram: a natureza e a história da “descoberta” dos Raios X, a radioatividade e estudos de Becquerel, uso dos Raios X em exames médicos e danos causados no organismo frente à exposição excessiva à radiação ionizante, proteção radiológica. Questões de auxílio às pessoas com câncer foram respondidas pelos estudantes (atores), que demonstraram ter captado significados e se envolvido com pesquisas complementares para melhor argumentar. O segundo grupo apresentou um programa de auditório com uma apresentadora que atuou como mediadora entre a professora coorientadora (especialista em Raios X na academia), que encenou o papel de entrevistada frente o grupo. O terceiro grupo encenou um programa de entrevistas *De frente com a Babi*, abordando o tema “Raios X”, com a participação de uma física, um representante de uma ONG e uma médica e os temas abordados foram semelhantes aos do Grupo 1. O quarto promoveu um debate, tipo uma “troca de passes”, com ideias ou assuntos que foram discutidos ao longo dos encontros e que acharam interessantes, acrescidos de fatos históricos e da radioatividade. O quinto grupo foi o tímido, foi preciso insistir e acabaram falando de saúde e bem-estar.



Figura 5: imagens das encenações de dois grupos, simulando programas de auditório e de entrevistas.
Fonte: imagem capturada pela professora-pesquisadora Ghisiane Spinelli Vargas.

As apresentações foram curtas, os temas abordados foram além dos conceitos trabalhados em aula e houve reflexões interessantes sobre os efeitos (positivos e negativos) da radiação ionizante nos seres humanos, sobre saúde pública, perigos da radioatividade, etc. De maneira geral o momento pedagógico de Aplicação do Conhecimento foi cumprido.

Embora não tenha sido feita uma análise sistemática, pois o objetivo deste texto é narrar a sequência didática e sua aplicação, os resultados obtidos permitem fazer algumas inferências preliminares: 1) não é possível afirmar que todos os estudantes tenham aprendido com profundidade conceitos de Física Moderna e Contemporânea, como orienta a legislação brasileira, 63% da turma respondeu adequadamente às questões de um teste escrito aplicado nos últimos dois encontros; 2) a dramatização final (3º MP) na percepção da docente titular da disciplina de Física (na escola) e das orientadoras da Universidade foi uma dinâmica exitosa no sentido de conseguir colocar os grupos em posição de fala sobre Raios X e interações com a matéria, que revelou o início de um processo de enculturação científico; 3) a boa participação dos educandos (não todos) nas discussões indicou a aquisição de maior confiança para se expressarem em público e o desenvolvimento um bom nível de criticidade. O teste escrito incluía questões elaboradas pelos próprios estudantes na primeira leitura do Artigo, de maneira que dúvidas iniciais pareceram ter sido supridas. Uma das questões tinha por objetivo fazer com que identificassem a presença da radiação no cotidiano, visando um posicionamento crítico na tomada de decisões com implicações no futuro da sociedade, bem como de questões políticas que tinham emergido no Encontro 9. A intenção era que os estudantes lançassem um “olhar curioso” e ao mesmo tempo crítico a temas científicos abordados em aula. Seguem alguns:

E10: ...mesmo que ele (um hipotético político) faça um projeto de lei que proíba a exposição da população a qualquer nível de radiação, isso será impossível, pois a radiação está no nosso dia a dia.

E5: ... é impossível a não exposição à radiação porque a radiação está presente no nosso dia a dia, mas a gente não vê, é como o oxigênio. A radiação está presente no celular, no sol, no micro-ondas, na televisão, ou seja, em tudo. Então é IMPOSSÍVEL aplicar uma lei contra isso.

E9: ...Diminuir sim. Eliminar não porque tudo é radiação. Não existiria celular e nenhum aparelho eletrônico.

E11: Não ganharia o meu voto. Os raios X por mais que em excesso possa causar doenças, também ajuda muito na prevenção de doenças. Proibir isso não ajudaria absolutamente em nada.

E12: Se as pessoas não tiverem conhecimento do assunto provavelmente vão votar nele, porque elas querem benefícios. Mas se for ao contrário ele não ganharia porque a radiação tem uma função importante nas nossas vidas e sem ela, muitos estariam adoentados e até mesmo paráliticos.

E16: ... os raios X ajudam a descobrir doenças e para fazer radiografias precisamos nos expor a radiação.

Análise interpretativa dessas respostas mostrou que dos dezesseis estudantes que realizaram o teste, dez responderam que não votariam em um hipotético candidato que promettesse proibir a exposição da população a qualquer nível de radiação. Esse resultado foi considerado positivo, pois mesmo que alguns tivessem associado o termo “radiação” apenas a Raios X, pareceram compreender que o uso da radiação acarreta benefícios, mas que também pode trazer malefícios se as devidas medidas de proteção não forem tomadas, assumindo, assim, um bom nível de criticidade.

5. Discussões e Considerações Finais

Como se tentou mostrar, a estratégia aqui narrada teve início com uma discussão de objetos cotidianos, na tentativa de associá-los a certos termos científicos (“O que tem na caixa?”); evoluiu para a leitura em diferentes momentos e com diferentes objetivos de um artigo que foi construído para o projeto. O Segundo Momento Pedagógico contou com aulas expositivas que introduziram os conceitos científicos associados (ondas mecânicas, ondas eletromagnéticas, modelos atômicos, radiações ionizantes e não ionizantes e Raios X), bem como as implicações desses temas na vida da sociedade moderna, que foram abordadas com bastante ênfase no Terceiro Momento (dramatizações) que ocorreu após a apresentação formal do conteúdo, retornando, assim ao contexto social.

Organizamos uma estratégia de representação em círculos sugerida pelo próprio Paulo Freire (2000), em que “os temas geradores podem ser localizados em círculos concêntricos, que partem do mais geral ao mais particular” (p. 94) e retorna, depois, ao contexto inicial, como é mostrado na Figura 6.

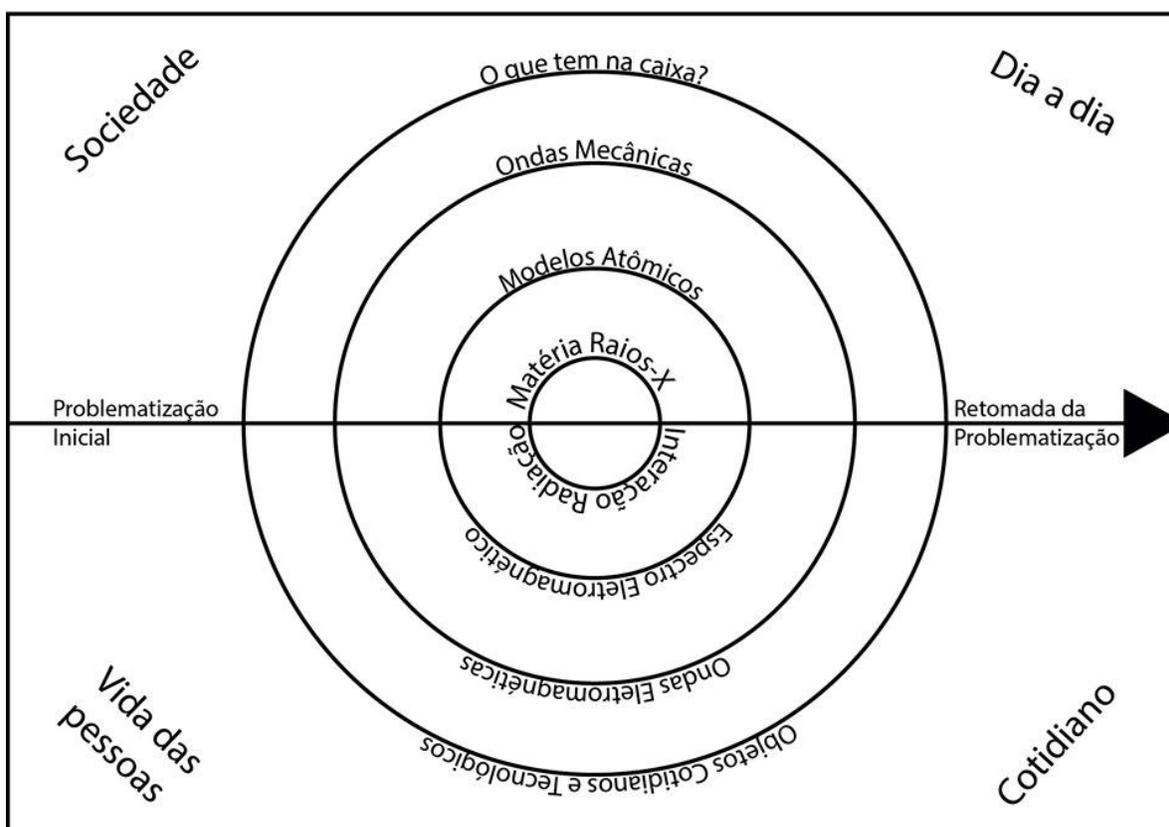


Figura 6: Representação em círculos do desenvolvimento da proposta pedagógica a partir da sugestão de Paulo Freire. Fonte: produzida por Neusa Teresinha Massoni (primeira autora) e Ghisiane Spinelli Vargas (segunda autora).

A atividade inicial, como já dito, foi extremamente rica para estabelecermos a comunicação inicial. Para Freire, uma elaboração do programa pedagógico é iniciada com a participação na investigação temática de diversos profissionais (psicólogos, sociólogos, educandos, educadores). Não foi exatamente o que fizemos, dado que o tema central foi por nós proposto aos estudantes, mas toda a dinâmica foi inspirada em Freire. A organização dos conhecimentos científicos relacionados com as radiações exigiu a introdução de muitos conceitos e foi trabalhada a partir da leitura e análise do texto do Artigo construído para a proposta. A leitura não foi simples, os estudantes tiveram dificuldades para compreender a linguagem científica e não tinham hábito de leitura. Contudo, a releitura em diferentes momentos, destacando palavras, discutindo trechos e associando aos conceitos explicados pela professora geraram, aos poucos, uma participação mais ativa dos estudantes e um melhor aproveitamento do texto.

A utilização da leitura (e releitura) como estratégia pedagógica é sugerida por Freire (1987), quando propõe que “outro recurso didático, dentro de uma visão problematizadora da educação não ‘bancária’, seria a leitura e discussão de artigos de revistas, de jornais, de capítulos de livros [...]” (118). Posteriormente à aplicação da proposta, tivemos um retorno positivo da professora titular da turma sobre a utilização do artigo como material de apoio, em que ela relata ter utilizado o material com suas turmas, em outra instituição, e ficou muito satisfeita com o envolvimento dos estudantes.

Na atividade de dramatizações, que em sua maioria foi do tipo programas de entrevistas, percebemos que os grupos debateram questões acerca dos perigos da exposição aos Raios X, benefícios da utilização das radiações, focando em questões de saúde pública. Um aspecto que chamou a atenção foi que nenhum grupo apresentou um personagem histórico na sua encenação, mas alguns introduziram os aspectos históricos através de falas dos personagens da época atual, indicando que perceberam a importância da compreensão da ciência como um processo histórico, uma construção inacabada e coletiva.

É de destacar que nem todos os estudantes alcançaram conceitos de “aprovação” na avaliação escrita final, mas assumimos que o teste escrito não é (e não foi) a única forma de avaliar a construção do conhecimento de estudantes em situação aprendizagem. Seguindo sugestões de Freire, consideramos que a criticidade, a reflexão, a participação consciente no processo educacional foram fatores fundamentais dado que assumimos a educação não como transmissão e memorização de conhecimentos, mas como um verdadeiro processo de encultramento e construção da autonomia, ou seja, a educação para a libertação. Nesta linha, um despertar da criticidade foi percebido em boa parte dos jovens (nem todos, é verdade!) como uma contribuição fundamental para a formação de cidadãos mais participativos no seu contexto (em muitos casos, de alta vulnerabilidade social) e na sociedade em geral.

Assumimos a esperança de que a narrativa desta intervenção pedagógica, justamente por trabalhar com a formação de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental, possa contribuir para que ocorram mudanças nas futuras gerações. Esperamos também poder incentivar outros educadores a reaplicar a dinâmica, ou suas partes, aqui apresentada com a mesma alegria de aprender-ensinar que nos transmite Paulo Freire.

Referências:

- Brasil. Secretaria de Educação Fundamental. (1997) *Parâmetros curriculares nacionais: ciências naturais*. Brasília: MEC/SEF.
- Brasil. Ministério da Educação. (2018). Base nacional comum curricular. Brasília, DF. MEC. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/04/BNCC_19mar2018_versaofinal.pdf. Acesso em abr/2018.
- Connor, A. M., Karmokar, S., & Whittington, C. (2015). From STEM to STEAM: Strategies for enhancing engineering & technology education. *International Journal of Engineering Pedagogy (IJEP)*, 5(2), 37-47.
- Dantas, C. R., Massoni, N. T. e Dos Santos, F. M. (2017). A avaliação no Ensino de Ciências Naturais nos documentos oficiais e na literatura acadêmica: uma temática com muitas questões em aberto. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação* [online], v. 25, n. 95. p. 440-482. <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-40362017002500807>.
- Delizoicov, D. (2008). La educación en ciencias y la perspectiva de Paulo Freire. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 1(2), 37-62.
- Freire, P. (1987). *Pedagogia do Oprimido*. 17ª ed., 23ª reimpressão, Rio de Janeiro, Brasil: Paz e Terra.
- Freire, P. (1996). *Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à Prática Educativa*. 39ª ed. São Paulo, Brasil: Paz e Terra.
- Freire, P. (2000). *Pedagogia do Oprimido*. 28ª ed. Rio de Janeiro, Brasil: Paz e Terra.
- Freire, P. (2007). *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 35ª ed., São Paulo, Brasil: Paz e Terra.
- Freire, P. (2016). *Pedagogia da Esperança*. 23ª ed., Rio de Janeiro/São Paulo, Brasil: Paz e Terra.
- Ortiz-Revilla, J; Greca, I. M. Adúriz-Bravo, A. (2018) Development of Physics Competences in Primary Education through a STEAM pproach. In: GIREP-MPTL 2018 International Conference, At San Sebastián, España. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/326396134_Development_of_physics_competences_in_primary_education_through_a_STEAM_approach. Acessdo em Nov/2018.
- Quigley, C. F., Herro, D. (2016). “Finding the joy in the unknown”: Implementation of STEAM teaching practices in middle school science and math classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, v. 25(3), p. 410-426. Disponível em: <https://www.learntechlib.org/p/176160/>. Acesso em Nov/2018.
- Daft, R. L. (2005). *Administração*. 6ª ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning,
- Moreira, M. A. (2012). *Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa*. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>. Acesso Nov/2018.
- Silva, A. F. et al. (2004). *Formação de Educadores Sociais*. São Paulo, Brasil: Instituto Paulo Freire (IPF).
- Vargas, G. S., Massoni, N. T., Teixeira, C. V (2017). Raios X: Um tema instigante para a introdução da física moderna e contemporânea na sala de aula do ensino básico. *Experiências em Ensino de Ciências*, vol. 12, n. 2, p. 80-93.

Vargas, G. S., Massoni, N. T., Teixeira, C. V. (2018). Uma abordagem do tema estruturante “Matéria e Radiação” na Educação Básica: a busca da criticidade na educação científica, *Textos de Apoio ao Professor de Física*, v. 29, n.2, Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física. Disponível em http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/tapf_v29n2.pdf.

Vargas, G. S (2018). Uma abordagem do tema estruturante Matéria e Radiação no Curso Normal: a busca da criticidade na formação de professores para os anos iniciais do Ensino Fundamental. Dissertação (Mestrado Profissional) – Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre.

