



HISTÓRIA EM QUADRINHOS SOBRE RADIOTERAPIA: UMA PROPOSTA DE ENSINO INVESTIGATIVO PARA NÍVEL MÉDIO

COMICS BOOKS ABOUT RADIOTHERAPY: A PROPOSAL FOR
INVESTIGATIVE TEACHING FOR HIGH SCHOOL

GISELLE RODRIGUES DA SILVA ^{*1}, ALMIR GUEDES DOS SANTOS  ^{†1}

¹Licenciatura em Física. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro. Campus Nilópolis.

Resumo

Mais da metade das ocorrências de tumores malignos no Brasil é tratada através da Radioterapia. Apesar de cada vez mais presente na medicina, a Radiação ainda é cercada de mitos e por vezes mal compreendida, mesmo por pacientes de tratamentos radioterápicos. Este trabalho propõe uma Sequência de Ensino Investigativo que a partir das propriedades catártica e lúdica de uma História em Quadrinhos guiará os alunos do ensino médio à investigação de uma dúvida frequente entre vítimas de câncer e seus familiares, a questão da radioatividade como consequência da irradiação das células de um tumor. A metodologia inclui um Roteiro de possíveis, porém não definitivas, perguntas para servirem de guia para o Professor em sala de aula.

Palavras-chave: Sequência de ensino investigativo. História em quadrinhos. Radioterapia. Alfabetização científica.

*grodrigues028@gmail.com

†almir.santos@ifrj.edu.br

Abstract

Half of the occurrences of malignant tumors in Brazil are treated through Radiotherapy. Despite being increasingly present in medicine, there is still misinformation regarding radiation therapy and how patients perceive it. This work proposes a Teaching Sequence that from the cathartic and playful properties of a comic book will guide students of high school to investigate a frequent concern among cancer victims and their relatives, the question of radioactivity as consequence of the irradiation of tumor cells. The methodology includes a script of possible but not definitive questions to guide the teacher in the classroom.

Keywords: *Inquiry-based teaching sequence. Comics. Radiotherapy. Scientific literacy.*

I. INTRODUÇÃO

O câncer lidera o ranking de causa de mortes ao redor do mundo e figura entre o primeiro ou o segundo responsável por mortes precoces em pelo menos 112 dos 185 países analisados pela *Global Cancer Statistics* (Estatísticas Globais sobre Câncer) no ano de 2020 (Sung *et al.*, 2021). No Brasil, para o triênio 2023-2025, o Instituto Nacional do Câncer (INCA) estima que serão registrados 704 mil novos casos a cada ano (INCA, 2023).

De acordo com a Sociedade Brasileira de Radioterapia (SBRT)¹, 60% dos pacientes acometidos por câncer passará pela radioterapia em algum momento do tratamento. Essa modalidade terapêutica consiste na irradiação de um tumor com a finalidade de regredir a proliferação ou eliminar totalmente as células que o compõem, e pode ser ou não associada à quimioterapia e à cirurgia.

Apesar da diversidade de técnicas empregadas em diferentes momentos no tratamento radioterápico, assim como das diferentes Radiações Ionizantes (RI) utilizadas na tentativa de erradicação de um tumor, a Radioterapia pode ser dividida basicamente em radioterapia de feixe externo ou Teleterapia e Braquiterapia.

A diferença central entre essas modalidades é o posicionamento da fonte radioativa. Na Radioterapia externa a fonte está fora do paciente, geralmente a uma distância fonte-superfície (SID) padrão de 100 cm. Na Braquiterapia, a fonte é implantada próximo ou em contato com o tumor e pode continuar no local permanentemente no caso de tratamento com *Low Dose Radiation* (baixa dose de radiação) (LDR), ou temporariamente, quando é utilizada a *High Dose Radiation* (alta dose de radiação) (HDR).

Das muitas dúvidas levantadas pela terapia com radiação, uma delas aparece recorrentemente nas páginas eletrônicas de Institutos especializados no tratamento de tumores cancerígenos e apostilas de órgãos reguladores dos radioisótopos utilizados nesses Serviços Médicos². O paciente da radioterapia se torna radioativo?

¹RT2030 - Sobre. Sociedade Brasileira de Radioterapia, [s.d.]. Disponível em: <<https://sbradioterapia.com.br/rt2030/sobre/>>. Acesso em: 18/01/2025.

²Instituto Nacional do Câncer, Comissão Nacional de Energia Nuclear, Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Al-bert Einstein: Sociedade Beneficente Israelita Brasileira, Hospital Sírio-Libanês.

A partir desse questionamento, os autores objetivam apresentar neste artigo um roteiro investigativo, cuja questão problema é apresentada de forma lúdica, no formato de História em Quadrinhos (HQ), com a finalidade de explorar as diferenças entre contaminação e irradiação no contexto da radioterapia, promover o debate entre os alunos, incentivar a interação social como ferramenta para construção do conhecimento e verificar se as propriedades lúdicas e catárticas, intrínsecas às HQs, podem facilitar a compreensão de conceitos físicos complexos.

Quanto ao objetivo principal da atividade, consiste em formar cidadãos capazes de empregar conceitos físicos na tomada de decisões relacionadas a exames médicos, tanto para benefício próprio quanto de seus pares.

II. A FÍSICA MÉDICA NA ESCOLA

Em sua página eletrônica, a Associação Brasileira de Física Médica (ABFM)³ define a Física Médica como o ramo da Ciência que aplica conceitos, leis, modelos, agentes e métodos da Física para a prevenção, diagnóstico e tratamento de doenças, desempenhando uma importante função na assistência médica, na pesquisa biomédica e na otimização da proteção radiológica.

A área é subdividida em Radioterapia, Radiodiagnóstico e Medicina Nuclear. Três ramos distintos que se entrelaçam para produzir o diagnóstico e o tratamento de enfermidades através da aplicação de radiações ionizantes provenientes de fontes seladas, radiofármacos e radiação eletromagnética. Segundo o *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation* (Comitê Científico das Nações Unidas sobre os Efeitos da Radiação Atômica) (UNSCEAR, 2022), as fontes radioativas utilizadas nos procedimentos médicos são responsáveis pela maior parte da exposição à radiação de fundo anualmente.

Frente à relevância de discussões relacionadas às aplicações Médicas da Física das Radiações na Escola, Silva (2018) e Silva e Santos (2022) verificaram que, embora o assunto esteja presente em livros didáticos, existe uma escassez de informações detalhadas sobre a aplicação das Radiações Ionizantes na Medicina. Parisoto, Pinheiro e Moro (2015) realizaram uma revisão de literatura em revistas nacionais e internacionais para averiguar com que frequência o tema Física aplicada à medicina aparecia em tais publicações. A pesquisa foi realizada em 41 revistas com Qualis A e B3⁴ da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) entre 2000 e 2012, de modo que 52 artigos foram selecionados, dos quais 22 continham enfoque em ensino e 28 visavam à divulgação científica.

Dos artigos brasileiros, apenas 4 foram escritos por profissionais do Ensino, o que explica a predominância de linguagem técnica, inviabilizando a utilização desses textos por professores em suas aulas. Faz-se necessária a produção de trabalhos baseados em "teorias de aprendizagem e visões epistemológicas" (Parisoto; Pinheiro; Moro, 2015, p. 3) da ciência, assim como a confecção de material didático de fácil entendimento para os estudantes para que um assunto de tal importância e com tantas possibilidades seja introduzido nas aulas de Física de nível médio.

³ABFM. Disponível em: <<https://www.abfm.org.br/>>. Acesso em: 18/01/2025.

⁴Classificação de Produção Intelectual. Disponível em <<http://www.capes.gov.br/avaliacao/instrumentos-de-apoio/classificacao-da-producao-intelectual>>. Acessado em 26/11/2018.

Os PCN+ (Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais) das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias apontam, ainda, para a escassez de material didático para promover a atualização do currículo escolar e sugerem "temas estruturadores que articulam competências e conteúdos e apontam para novas práticas pedagógicas"(Brasil, 2002, p.57).

De fácil acesso, vendidas em qualquer lugar e a preços módicos, as HQs, em vista de seu apelo popular, utilizam de linguagem informal para transmitir uma ideia e promover "a queda de estresse por parte do leitor"(Testoni; Abib, 2003, p. 1). As HQs têm caráter lúdico, já que "não se privam de jogar com seus personagens, códigos e leitores"(ibid, p.3), e são de fácil confecção, uma vez que um lápis e um papel são o material necessário para sua criação. Professores com alguma intimidade com desenhos podem construir suas próprias HQs para uso em classe e alunos podem ser solicitados a desenhá-las como forma de avaliação do que foi aprendido em aula, pois esta mídia "oferece oportunidades diversas de aplicações no universo escolar"(Vergueiro; Ramos, 2009, p. 8), inclusive nas Ciências.

III. AS HISTÓRIAS EM QUADRINHOS E O ENSINO DE FÍSICA

Will Eisner, quadrinista americano, define quadrinhos como "uma forma artística e literária que lida com a disposição de figuras ou imagens e palavras para narrar uma história ou dramatizar uma ideia"(Eisner, 1985, p. 5). Para ele, os quadrinhos são uma arte sequencial, ou seja, quadros de figuras dispostas lado a lado com o objetivo de contar uma história ou brincar com uma ideia. Scott McCloud, teórico da linguagem dos quadrinhos, acredita que o termo Arte Sequencial engloba também o mundo das animações, uma vez que uma animação nada mais é do que uma série de imagens exibidas em sequência dando a impressão de movimento.

O que difere ambas as artes é que nas animações as imagens são exibidas no mesmo local, com a ajuda de um refletor, com o objetivo de dar vida aos desenhos. Os quadrinhos, por outro lado, são desenhados justapostos. Para McCloud, as HQs são "imagens pictóricas e outras justapostas em sequência deliberada destinadas a transmitir informações e/ou a produzir uma resposta no telespectador"(McCloud, 2005, p. 9).

As imagens pictóricas são os desenhos ou símbolos, as outras imagens mencionadas na definição de McCloud são as letras, "imagens estáticas que quando colocadas em sequência deliberada, uma ao lado da outra, viram palavras"(McCloud, 2005, p. 8).

Apesar da popularidade entre crianças, jovens e adultos, HQs nem sempre foram vistas com bons olhos por educadores. Acusadas de "causar preguiça mental nos alunos e afastá-los da boa leitura"(Vergueiro; Ramos, 2009, p. 9), as HQs também eram vistas como obras de conteúdo infantil (ibid).

No Brasil, essa rejeição às HQs perdurou até a década de 80, quando aos poucos as Histórias em Quadrinhos começaram a ser introduzidas nos livros didáticos (Vergueiro; Ramos, 2009). Pouco tempo depois, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional salientava a "necessidade de inserção de outras linguagens e manifestações artísticas no ensino fundamental e médio"(ibid, p. 10). Essa seria a porta de entrada dos Quadrinhos para a educação no Brasil.

Em 2006, as HQs foram incluídas pela primeira vez no Programa Nacional Biblioteca

da Escola, responsável pela compra e distribuição de livros às escolas de Ensino Médio e Fundamental com o objetivo de estimular a leitura e possibilitar o contato dos alunos com novas culturas (Vergueiro; Ramos, 2009).

Utilizadas predominantemente no ensino de Língua Portuguesa e Literatura, em algum momento as HQs começam a ganhar as aulas de Ciências. Por meio de seu caráter provocador, em que não se priva de jogar com o leitor pelas palavras e imagens (Testoni; Abib, 2003), as HQs se tornam o meio ideal para propor desafios tais como aqueles utilizados na ação manipulativa das Sequências de Ensino Investigativas.

Testoni e Abib (2003) justificam o emprego de HQs também no Ensino de Física, tendo em vista seu apelo popular, sua linguagem de fácil acesso, a combinação de imagens e palavras para transmitir uma mensagem que exige do aluno atenção, interpretação e uso da imaginação, a familiaridade existente entre as HQs e o público-alvo das aulas de Física, a propriedade catártica, ou seja, relaxante envolvida na leitura de quadrinhos e o aspecto lúdico da atividade.

Ainda de acordo com Testoni e Abib (2003), as Histórias em Quadrinhos são categorizadas de acordo com o momento em que são inseridas no processo de Ensino-Aprendizagem. Existem as HQs puramente ilustrativas inseridas ao final de um estudo com o objetivo de relaxar o leitor após um exercício mental intenso. As HQs explicativas são aquelas que ilustram um fenômeno científico de forma integral. Quando o fenômeno físico é adicionado ao longo do enredo da HQ sem qualquer tipo de explicação ela é chamada de HQ motivadora. Por fim, temos as HQs instigadoras que propõem de forma explícita um enigma a ser pensado e resolvido pelo leitor.

A Física, nascida da necessidade de compreensão do mundo que nos cerca, possui natureza investigativa. A História em Quadrinhos, em razão de sua ludicidade, "está intimamente relacionada à questão do desafio"(Testoni; Abib, 2003, p. 3). Por que então não associar o desafio proposto por uma HQ à investigação de um fenômeno Físico para ensinar Ciência, ou mais especificamente, as aplicações da Física à Medicina?

IV. O ENSINO INVESTIGATIVO EM FÍSICA

Por intermédio de dados colhidos em entrevistas feitas com jovens e crianças, o epistemólogo Piaget afirma que a proposição de um problema por meio de uma ação manipulativa, seja ela um experimento, um jogo ou uma tirinha, é essencial para a estimulação do pensamento lógico-argumentativo, também designado ação intelectual. Nesse cenário, o professor passa de mero transmissor expositivo, para, mediante provocação, conduzir o jovem ou a criança à resolução de um problema. As respostas aos questionamentos levantados não são dadas, mas sim desenvolvidas através de reflexão, debate, tentativas e erros (Sasseron, 2013).

Vigotsky, por outro lado, aponta para o caráter social da aprendizagem. Aqui a interação entre professor e aluno e até mesmo entre alunos e alunos, ganha status de facilitador da compreensão das disciplinas ministradas em sala de aula. Bachelard salienta o papel dos conceitos prévios que os estudantes trazem consigo como ferramenta para a transposição do conhecimento intuitivo para o conhecimento experimental (*ibid*).

Portanto, a apresentação de um problema, que gera argumentação, proposição, análise e validação de hipóteses, é condição básica para o desenvolvimento intelectual dos alunos.

Cabe ao professor elaborar uma abordagem didática que proporcione interações discursivas e reflexões em escala individual e social, que incitem os alunos a questionarem suas concepções prévias e criarem teorias, avaliarem dados e resolverem conflitos em busca de uma solução para uma questão bem definida (Sasseron, 2015).

A Física enquanto cultura se utiliza de um conjunto de procedimentos específicos para validar descobertas científicas e Sasseron (2015) define a Física como atividade de natureza questionadora. Na busca por respostas que elucidem o comportamento das coisas, os cientistas colhem dados, procuram por padrões, repetições, tendências, pensam, argumentam, enunciam leis, cometem equívocos, ou seja, há todo um conjunto de procedimentos que podem ser instigados em uma aula investigativa, tendo o professor como orientador-provocador (*ibid*).

Embora não haja consenso quanto à estrutura a ser obedecida quanto à elaboração de roteiro voltado à proposta investigativa, existem pontos em comum a serem considerados, não importa quais os autores escolhidos. A pedra angular do Ensino Investigativo é a criação de um problema sobre assunto de interesse dos alunos a ser utilizado pelo professor como ferramenta propiciadora de debate entre eles em sala de aula (*ibid*).

A História em Quadrinhos apresentada neste Trabalho tem como perspectiva apelar para um assunto atual e recorrente na vida dos alunos, a saber: o câncer e seu tratamento. Não estamos assumindo que todos os alunos já estiveram em contato direto com algum paciente, mas que as informações via mídia, seja ela televisão, rádio ou internet, tornam o assunto familiar para todos.

V. A PROMOÇÃO DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA ATRAVÉS DAS SEQUÊNCIAS DE ENSINO INVESTIGATIVO

O ensino do que são Radiações Ionizantes, quais suas características, quais reações Físicas e Químicas e Efeitos Biológicos essas RIs têm sobre o tecido humano, de que forma os Radioisótopos podem ser utilizados na medicina, mais especificamente na Radioterapia, quais os Radioisótopos mais indicados para o tratamento de tumores malignos, como funcionam aparelhos Radioterápicos e quais os efeitos colaterais físicos e psicológicos em pacientes submetidos a essa terapia, visa à formação de estudantes capazes de compreender o diagnóstico de uma doença, o significado e o risco de cada uma das etapas seguintes à identificação de um tumor cancerígeno.

A finalidade é Alfabetizar Cientificamente os alunos ensinando conceitos físicos, bem como determinar suas aplicabilidades na tecnologia a partir do estudo de um tema recorrente no noticiário e considerado por muitos o mal do século: o câncer. A partir da contextualização do Ensino através de um tópico presente direta ou indiretamente na vida dos discentes, almejamos a humanização da Ciência, a familiarização com sua linguagem e seus códigos e a promoção da Física como componente cultural.

Um indivíduo Alfabetizado Cientificamente deve compreender, entre outros aspectos, que a Sociedade e a Ciência se influenciam mutuamente, que as demandas da Sociedade alimentam a pesquisa Científica, e que descobertas científicas podem ser utilizadas tanto para o bem quanto para o mal da humanidade. Além disso, cabe aos cidadãos opinarem conscientemente sobre seu uso, já que todo e qualquer saber Científico é provisório, saber a

quais fontes confiáveis de informações recorrer para basear suas decisões de cunho Científico, entender como se dá o processo de construção do saber Científico e apreciar o desafio mental proporcionado pela Ciência (Sasseron; Carvalho, 2011).

O Ensino tradicional baseado em memorização de fórmulas e resolução de exercícios desconectados da realidade dos alunos não é capaz de produzir as características pretendidas pela Alfabetização Científica (AC). Ao receber passivamente o conhecimento diretamente do professor, os alunos não são incentivados a refletir sobre aquelas informações, pois não existe necessidade de investigação ou argumentação. Não existe, inclusive, espaço para questionar o que está sendo ensinado.

Assim, para promover o dito Pensamento Crítico, necessitamos de uma abordagem que promova debate. Um desafio proposto aos alunos que os levem à reflexão, ao levantamento de hipóteses, à defesa de suas ideias e finalmente à resolução da questão inicial. Uma didática que proponha a investigação de um problema proposto pelo professor, que ao invés de dar a resposta aos alunos, os provocará e guiará ao resultado esperado. Ou seja, uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI).

As SEIs, como o próprio nome já diz, possuem uma ordem a ser seguida. Primeiro, o professor deverá propor uma questão a ser resolvida pelos alunos. Este problema pode ser experimental, em que há a manipulação de material experimental com a finalidade de resolução de um problema sem que o docente ensine como manipulá-lo, ou não experimental, no qual a questão problema é apresentada em forma de figura, texto, tabela, tirinha. Seja qual for o formato escolhido para a ação manipulativa, é necessária, após a resolução do problema proposto, a leitura de um texto cujo objetivo é a sistematização do novo conhecimento discutido (Carvalho, 2013).

Segundo Carvalho (2013), o texto de sistematização do conhecimento deverá sintetizar o somatório dos conceitos trabalhados na resolução do problema, trazendo em si uma linguagem mais formal, entretanto, inteligível aos alunos. A leitura deverá ser feita pelos próprios discentes, seguida de uma nova discussão suscitada com o objetivo de estruturar as ideias originadas pelo debate anterior.

Resolvido o problema e realizada a leitura do texto sintetizador de ideias, avançamos para a avaliação do conteúdo apreendido durante a atividade. O objetivo, entretanto, não é classificar os alunos, mas sim colocar em prática os conceitos discutidos anteriormente. Carvalho (2013) salienta que a avaliação deve fugir do tradicionalismo e absorver a essência da abordagem didática proposta.

No caso das SEIs, os "objetivos concentram-se tanto no aprendizado dos conceitos, termos e noções científicas como no aprendizado de ações, atitudes e valores próprios da cultura científica"(Carvalho, 2013, p. 19). Logo, além da uma avaliação qualitativa do que os alunos compreenderam durante a tarefa, faz-se mister observar de que forma eles se comportarão durante a fase de resolução do problema. Isso inclui levar em conta se interagem entre si, se são ou não participativos, se discutem entre si as ideias sugeridas e se respeitam o tempo de fala do colega.

Conhecido o caminho a seguir quando da aplicação de uma SEI, resta decidir qual a formatação da ação manipulativa a ser utilizada. Os problemas experimentais e experimentais investigativos, aqueles em que o professor manipula o experimento devido ao alto grau de periculosidade, são tidos como os que mais despertam a curiosidade dos alunos (Carvalho,

2013). Contudo, existem outras opções interessantes a serem consideradas.

VI. METODOLOGIA DE ENSINO: ORIENTAÇÕES SOBRE ROTEIRO PARA ATIVIDADE INVESTIGATIVA

Na presente seção será abordado o roteiro e algumas orientações para o professor de física que queira utilizar HQ associada à metodologia do ensino por investigação. Estas orientações servirão como ponto de partida àqueles profissionais interessados em utilizar o Roteiro da atividade Radiação em Quadrinhos, no Apêndice deste artigo, em sala de aula. As propostas aqui apresentadas não são definitivas e o docente poderá modificá-las a seu critério, de acordo com o rumo que os debates, característica imprevisível em aulas investigativas, tomarem.

O Roteiro é para os alunos, contudo nesta seção damos algumas instruções para guiar o professor na utilização dele. Inicialmente a atividade foi pensada para ser aplicada aos alunos de ensino médio que estão estudando o tópico Radioatividade e prestes a entrar no campo das aplicações dessa Radioatividade nos mais diversos setores. O setor de energia é o mais abordado em livros didáticos, entretanto as aplicações na medicina são uma das que mais crescem na atualidade.

O problema que dá ensejo à atividade investigativa é "Um paciente submetido à Radioterapia para tratamento de câncer ficará Radioativo?". A partir disso queremos estabelecer os conceitos de Irradiação e Contaminação.

Primeira atividade:

Questão 1) Divididos em grupos os alunos irão ler, debater, levantar hipóteses e quando houver consenso entre os membros do grupo, escrever, em uma folha de papel, a resposta e o que os leva a acreditar que ela está correta.

As interações entre os alunos de diferentes grupos durante o processo são bem-vindas desde que cada equipe, posteriormente à troca de ideias, responda ao questionamento de forma interna.

Segunda atividade:

Nesta etapa os alunos responderão algumas perguntas relacionadas direta ou indiretamente à proposição da HQ.

Questão 2) Em suas visitas aos arredores de um Hospital Joãozinho encontrou uma cápsula violada e em seu interior uma substância com um brilho psicodélico. Maravilhado, Joãozinho esfrega um pouco da substância em seu braço e corre para mostrar a novidade aos amigos. É seguro entrar em contato com Joãozinho?

Essa pergunta pretende apontar, ainda que implicitamente, a diferença entre ser irradiado, receber em si a energia característica das radiações, e estar contaminado, ou seja, possuir

em si a substância radiativa, irradiando a si e a outros.

Aos grupos que acreditarem que sim, é totalmente seguro interagir com Joãozinho, o professor deverá pedir que exponham os motivos que o levaram a tal afirmação e mais adiante solicitar que os grupos contrários exponham os seus argumentos. O confronto de ideais tem como finalidade enriquecer a discussão através da troca de argumentos e reflexões.

Encerrado o debate, havendo ou não consenso, o professor deverá perguntar se é ou não seguro tocar/interagir com um paciente imediatamente após uma sessão de radioterapia.

Espera-se que a maioria, por intuição ou questões de vivência, responda que sim, é seguro interagir com um paciente de Teleterapia após sessão de tratamento (Neste momento não levaremos em consideração a Braquiterapia). Todas as respostas devem ser baseadas em evidências. O que leva os alunos a crerem que um paciente irradiado não apresenta risco aos outros ao seu redor e vice-versa?

As eventuais respostas negativas também deverão ser discutidas entre os alunos. Novamente a interação entre eles poderá modificar a forma como eles entendem o assunto e essa transformação de conceitos poderá ser anotada por eles abaixo da resposta inicial do grupo por motivos de comparação.

Cabe ressaltar que todos os argumentos produzidos nessa prática devem preferencialmente ser anotados, pois serão utilizados novamente ao final da atividade.

O professor poderá prosseguir com a provocação indagando, no caso daqueles que disseram ser seguro tocar no paciente e não em Joãozinho, qual a diferença entre eles e para aqueles que afirmam ser seguro tocar em ambos o que, nesses processos, os torna semelhantes.

Esta etapa pretende estabelecer de forma definitiva a diferença entre irradiação e contaminação. Se não com as palavras específicas, com os conceitos bem diferenciados. As leituras de sistematização de conhecimento ao final da prática darão os nomes das definições em processo de internalização e o professor retomando os problemas de Joãozinho e Seu Eloi após o exame dos textos poderá perguntar quais nomes um especialista daria ao caso de João (Contaminação) e ao caso de seu Eloi (Irradiação).

Para finalizar a segunda atividade o docente deverá retomar a situação problema da História em Quadrinhos e perguntar aos alunos se as respostas deles a esse problema permanecem as mesmas. Os grupos deliberarão e trocarão suas ideais entre si posteriormente.

Essa é uma maneira do professor avaliar se os alunos compreendem que o tumor está recebendo alta energia e sofrendo alterações em nível celular, não estocando radiação para irradiá-la posteriormente.

Em caso de haver ou permanecer impasse, o professor poderá evocar outra radiação para fazer um análogo. Uma pessoa exposta à radiação eletromagnética, como a luz, está luminosa após permanecer algum tempo em uma sala com a luz ligada? Como os alunos já deverão possuir conhecimentos sobre radiações ionizantes e não ionizantes durante esta atividade, não haverá necessidade de explicar detalhadamente que luz, Raios-X e Raios Gama são radiações eletromagnéticas com diferentes frequências.

O Ensino Investigativo deve ter como forma de avaliação uma atividade coerente com a proposta adotada, ou seja, integrar ao exame dos resultados obtidos à natureza da prática escolhida. Neste roteiro propomos como forma de avaliação em que os alunos sejam

encorajados a elaborarem suas próprias HQs a partir dos conceitos abordados.

A possibilidade de criar uma HQ em grupo permite que os alunos assumam cada um uma tarefa específica nessa construção. Aqueles bons com desenho ficam responsáveis pela arte, os que tem mais facilidade com palavras constroem o roteiro, que deverá ser aprovado por todos os integrantes antes de ser colocado no papel, outro pode ser responsável pela pintura e arte final e um quarto pela leitura da HQ para a turma.

Portanto, na terceira etapa sugerimos que ainda separados em grupos os alunos confeccionem uma HQ utilizando os conceitos de irradiação e contaminação. As HQs serão recolhidas pelo professor, avaliadas em seu conteúdo científico e podem inclusive ser encadernadas e disponibilizadas para diversão dos alunos.

VII. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por utilizar uma linguagem híbrida que joga com elementos textuais e pictóricos para desafiar o leitor, as Histórias em Quadrinhos se adequam de forma satisfatória ao Ensino Investigativo. Assim, através da proposição de um problema, ou na linguagem dos Quadrinhos, de uma situação perturbadora do estado inicial de conforto dos personagens, podemos suscitar de maneira suave, sem a expectativa estressante de responder a um questionamento do professor, um debate em sala de aula sobre as possíveis resoluções para aquela questão específica.

Enquanto em Silva (2018) e Silva e Santos (2022) pode ser encontrado um passo a passo para professores que queiram construir suas próprias HQs, apresentamos no Apêndice deste artigo o Roteiro Radioterapia em Quadrinhos referente a uma atividade investigativa voltada para o ensino médio.

A proposta de Ensino aqui apresentada deve ser entendida como um ponto de partida e terá de ser experimentada em sala de aula para seu aperfeiçoamento. As perguntas e provocações foram baseadas em possíveis respostas dos discentes e poderão ser modificadas de acordo com as reações dos mesmos durante as atividades, tendo em vista que o Ensino Investigativo, apesar de possuir uma sequência de aplicação, não possui previsibilidade em seu processo de construção de conhecimento.

Durante a escrita deste manuscrito, a autora principal notou que por possuir simultaneamente efeitos Biológicos, Físicos e Químicos, as interações entre as Radiações Ionizantes e a Matéria possuem potencial para colaboração entre professores dessas diferentes disciplinas, podendo gerar material didático rico que poderia futuramente se transformar em um minicurso ministrado para todas as turmas do Ensino Médio de uma escola.

Destacamos que cabe ao professor, ao utilizar o material didático produzido neste artigo, avaliar a melhor maneira de fazê-lo dada a sua realidade no cotidiano escolar. O Roteiro Radioterapia em Quadrinhos pode ser utilizado em sua íntegra ou apenas como um ponto de partida para os objetivos almejados. A esperança é que possamos contribuir para um Ensino de Física mais atrativo, que desperte a curiosidade científica dos alunos e os auxilie em suas vidas fora dos muros da Escola.

Editora Responsável: Maria de Fátima da Silva Verdeaux

REFERÊNCIAS

BRASIL. PCN+: *Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Ministério da Educação/SETEC, Brasília, 2002.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: *Ensino de Ciências por Investigação: Condições para implementação em sala de aula*. 1ª edição, Editora Cengage Learning: São Paulo, p.1-21, 2013.

EISNER, W. *Comics and Sequential Art*. Florida. First edition, Editora Poorhouse Press: Florida, 1985.

INCA. *Estimativa 2023: incidência de câncer no Brasil*. Rio de Janeiro, RJ: Instituto Nacional De Câncer, 2023.

McCLOUD, S. *Desvendado os Quadrinhos*. São Paulo, 1ª edição, M. Books do Brasil Editora Ltda: São Paulo, 2005.

PARISOTO, M. F.; PINHEIRO, L. A.; MORO, J. T. A Literature Review on applied physics in medicine in the context of teaching. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 20, n. 1, p. 60-78, 2015. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/59/36>>. Acesso em 20/06/2018.

SASSERON, L. H. Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 17, n. especial, p. 49-67, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v17nspe/1983-2117-epec-17-0s-00049.pdf>>. Acesso em 10/04/2018.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/246/172>>. Acesso em 27/05/2018.

SILVA, G. R. *Radioterapia em Quadrinhos: Uma proposta de Ensino Investigativo*. 65 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - Campus Nilópolis, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Nilópolis, 2018.

SILVA, G. R.; SANTOS, A. G. Construção de histórias em quadrinhos: Uma proposta para aulas de física no Ensino Médio. *A Física na Escola*, v. 20, n. 1, p.210905-1-10, 2022. Disponível em: <<https://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol20-Num1/FnE-20-1-210905.pdf>>. Acesso em: 29/12/2024.

SUNG, H. *et al.* Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, v. 71, n. 3, p. 209249, maio 2021.

TESTONI, L. A.; ABIB, M. L. V. S. A utilização das Histórias em Quadrinhos no Ensino de Física. In: *IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. ABRAPEC, São Paulo, 2003. Disponível em: <<https://abrapec.com/enpec/iv-enpec/orais/ORAL025.pdf>> Acesso em: 23/01/2025.

UNSCEAR. *Sources, effects and risks of ionizing radiation* - Report Volume I - Scientific Annex A - Evaluation of medical exposure to ionizing radiation. New York: United Nations, 2022. Disponível em: <https://www.unscear.org/unscear/en/publications/2020_2021_1.html#attachments>. Acesso em: 15/03/2025.

VERGUEIRO, W.; RAMOS, P. Os quadrinhos (oficialmente) na escola: dos PCN ao PNBE. In: *Quadrinhos na Educação: da rejeição a prática*. São Paulo: Editora Contexto, p.9-43, 2009.

APÊNDICE - ROTEIRO DE ENSINO INVESTIGATIVO: RADIOTERAPIA EM QUADRINHOS

Escola:

Data:

Disciplina:

Turma:

Professor:

Participantes:

Atividade: Radioterapia em Quadrinhos⁵

Na série Watchmen, publicada pela editora DC entre 1986 e 1987 e adaptada para o cinema em 2009, Jon Osterman é desintegrado após ficar acidentalmente trancafiado num reator nuclear durante um teste nuclear. O incidente confere ao doutor não só poderes como telecinese, força super-humana e a habilidade de se transportar por longas distâncias, como o eleva a um patamar sobre-humano em que os negócios mundanos se tornam triviais.

No mundo real sabemos que acidentes nucleares, que envolvem reatores e outros dispositivos de pesquisa, e acidentes radioativos, contendo quaisquer materiais radioativos, podem ter consequências desastrosas. Exemplos famosos são o acidente radioativo em Goiânia, resultando na morte e contaminação de pessoas e no recolhimento de uma quantidade indecente de rejeitos nucleares e a explosão de um dos reatores nucleares em Chernobyl.

No entanto, nem tudo é destruição e fumaça na história da Radioatividade. Aplicada da maneira correta ela pode trazer qualidade de vida para pessoas - E não, não estamos falando de teias de aranha saindo de seus pulsos, ainda que isso fosse um recurso incrível para nunca mais chegar atrasado à aula.

A Radioterapia é um tratamento que consiste na aplicação de feixes de radiações ionizantes em um tumor maligno ou não com a finalidade de neutralizá-lo ou destruí-lo. Essas radiações possuem energia o suficiente para ionizarem o meio com o qual interagem podendo matar ou impedir as células cancerígenas de se reproduzirem.

O processo era comumente realizado em câmaras de Cobalto-60 que contém uma fonte encapsulada ou selada (bem fechada) envolta em blindagem para impedir a passagem de radiação. Durante a Radioterapia a fonte se move de dentro do cabeçote do aparelho para permitir a passagem de um feixe de radiação gama para o tumor. Hoje as câmaras de Cobalto vêm sendo substituídas pelos aceleradores lineares que produzem Raios-X ou elétrons acelerados.

A Radiação Ionizante interage com os tumores em nível atômico. A alta energia dos Raios Gama e Raios X é absorvida pelos átomos da matéria arrancando elétrons de seus orbitais formando íons. Enquanto houver energia os elétrons livres se chocarão com outros elétrons e átomos podendo formar novos íons até serem capturados por alguma molécula.

ETAPA 1: Em grupo, leiam, debatam e anotem as hipóteses levantadas para a resolução do problema apresentado no final da História em Quadrinhos (após as referências deste

⁵Fonte deste roteiro: Silva (2018).

roteiro). Escrevam os argumentos iniciais em uma folha de papel.

ETAPA 2: Leiam, debatam entre si e entre os outros grupos as respostas das perguntas abaixo:

Questão 1) Em suas visitas aos arredores de um Hospital, Joãozinho encontrou uma cápsula violada e em seu interior uma substância com um brilho psicodélico. Maravilhado, Joãozinho esfrega um pouco da substância em seu braço e corre para mostrar a novidade aos amigos. É seguro entrar em contato com Joãozinho?

Questão 2) Indique as semelhanças e/ou diferenças entre as interações de Joãozinho e Seu Eloi com as radiações ionizantes.

Questão 3) O Seu Eloi ficou extremamente impressionado ante a perspectiva de um bombardeio radioativo em seu tumor. Se você tivesse que explicar ao Seu Eloi a Radioterapia, qual palavra você utilizaria no lugar de bombardeio?

ETAPA 3: Elabore com o seu grupo uma História em Quadrinhos envolvendo os conceitos abordados durante a aula.

Texto de sistematização de conhecimento: O que é irradiação? O que é contaminação radioativa? Vamos esclarecer? (Rodrigues-Júnior, 2007)

Referências

CARDOZO, E. M. *Apostila Educativa Energia Nuclear e Suas Aplicações - Aprendendo com o Nuclídeo*, 3ª Edição, Rio de Janeiro: Comissão Nacional de Energia Nuclear, 2012.

RODRIGUES-JÚNIOR, A. A. R. O que é irradiação? E contaminação Radioativa? Vamos esclarecer? *A Física na Escola*, v. 8, n. 2, p. 40-43, 2007. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol8/Num2/v08n02a11.pdf>>. Acesso em 21/11/2018.

SILVA, G. R. *Radioterapia em Quadrinhos: Uma proposta de Ensino Investigativo*. 65 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - Campus Nilópolis, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Nilópolis, 2018.



Figura 1: Atendimento médico sobre Radioterapia. Fonte: Autora principal.



Figura 2: Pensamentos do paciente sobre Radioterapia. Fonte: Autora principal.