



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CAMPUS ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE
CURSO DE FÍSICA-LICENCIATURA

MARCOS ANTONIO ASSUNÇÃO FREITAS

**FÍSICA MODERNA NO ENSINO FUNDAMENTAL II: uma proposta a partir do
uso de História da Ciência, Cinema e HQ's.**

Caruaru
2020

MARCOS ANTONIO ASSUNÇÃO FREITAS

FÍSICA MODERNA NO ENSINO FUNDAMENTAL II: uma proposta a partir do uso de História da Ciência, Cinema e HQ's.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Física-Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Física.

Área de concentração: Metodologia do Ensino de Física.

Orientador: Prof^o. Dr. João Eduardo Fernandes Ramos.

Caruaru

2020

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Simone Xavier - CRB/4 - 1242

F866f Freitas, Marcos Antonio Assunção.
Física moderna no ensino fundamental II: uma proposta a partir do uso de História da
Ciência, Cinema e HQ's. / Marcos Antonio Assunção Freitas. – 2020.
43 f. il. ; 30 cm.

Orientador: João Eduardo Fernandes Ramos.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de
Pernambuco, CAA, Licenciatura em Física, 2020.
Inclui Referências.

1. Física moderna. 2. Ciência - História. 3. Física – Estudo e ensino. 4. Ensino
fundamental. 5. História em quadrinhos. I. Ramos, João Eduardo Fernandes
(Orientador). II. Título.

CDD 371.12 (23. ed.)

UFPE (CAA 2020-093)

MARCOS ANTONIO ASSUNÇÃO FREITAS

**FÍSICA MODERNA NO ENSINO FUNDAMENTAL II: uma proposta a partir do
uso de História da Ciência, Cinema e HQ's.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Física-Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Física.

Aprovada em: 24/08/2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof^o. Dr. João Eduardo Fernandes Ramos (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^o. Dr. Ernesto Valdéz Rodriguez (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Tassiana Fernanda Genzini de Carvalho (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

RESUMO

Este trabalho tem como proposta uma sequência didática para o ensino de conteúdos de Física de Partículas para o 9º Ano do Ensino Fundamental, a partir do uso da História e Filosofia da Ciência e da Ficção Científica. Como a Física Moderna e Contemporânea é ampla, foi escolhido o tema de Física de Partículas como base para as atividades desenvolvidas. Essa sequência didática está dividida em três atividades distintas. A primeira tem o foco na História da Ciência, sendo construída a partir de um texto que aborda a evolução dos modelos atômicos, adaptado para se trabalhar com o 9º ano em dois momentos. A segunda e a terceira atividades baseiam-se no uso da Ficção Científica, sendo que a segunda consiste na utilização da HQ do Capitão Atômico, onde aborda assuntos como estrutura e desintegração da matéria, radiação e energia nuclear, e a terceira usa o filme Watchmen, no qual são trabalhados alguns trechos, mas abordando os mesmos temas apresentados. Embora esse trabalho não tenha sido aplicado em sala, ele tem uma relevância para o ensino, visto o que é recomendado nos documentos oficiais curriculares. Essa sequência didática está fundamentada na Base Nacional Comum Curricular e nos Parâmetros Curriculares de Pernambuco. A sequência didática foi pensada para funcionar como um guarda-chuva, que tanto pode ser trabalhada as três partes juntas ou isoladamente, dando ao professor a possibilidade de escolher a melhor atividade de acordo com sua realidade, sem prejuízo do conteúdo maior.

Palavras-chave: Física Moderna e Contemporânea. Física de Partículas. História da Ciência. Ficção Científica. História em Quadrinho. Metodologia do Ensino de Física no Ensino Fundamental.

ABSTRACT

This work proposes a didactic sequence for teaching particle physics content for the 9th year of elementary school, using History and Philosophy of Science and Science Fiction. As Modern and Contemporary Physics is broad, the theme of Particle Physics was chosen as the basis for the activities developed. This didactic sequence is divided into three distinct activities. The first focuses on the History of Science, being built from a text that addresses the evolution of atomic models, adapted to work with the 9th grade in two moments. The second and third activities are based on the use of Science Fiction, the second of which consists of using the Atomic Captain's HQ, which addresses subjects such as structure and disintegration of matter, radiation and nuclear energy, and the third uses the film *Watchmen*, in which some excerpts are worked, but addressing the same themes presented. Although this work has not been applied in the classroom, it has relevance for teaching, given what is recommended in official curriculum documents. This didactic sequence is based on the National Common Curricular Base and the Curricular Parameters of Pernambuco. The didactic sequence was designed to function as an umbrella, which can be worked on all three parts together or separately, giving the teacher a preference to choose the best activity according to his reality, without prejudice to the larger content.

Keywords: Modern and contemporary physics. Particle Physics. History of Science. Science Fiction. Comic. Physics Teaching Methodology.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	07
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	08
2.1	FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NA EDUCAÇÃO BÁSICA	08
2.2.1	Física Moderna e Contemporânea para o Ensino Fundamental II segundo os documentos legais	10
2.2	HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE FÍSICA	12
2.3	FICÇÃO CIENTÍFICA E ENSINO DE FÍSICA	13
2.3.1	HQ e Ensino de Física	15
2.3.2	Cinema e Ensino de Física	16
3	METODOLOGIA	18
4	SEQUÊNCIA DIDÁTICA PROPOSTA	20
4.1	HISTÓRIA DOS MODELOS ATÔMICOS	21
4.2	O CAPITÃO ÁTOMO E A ESTRUTURA DA MATÉRIA	22
4.3	A RELAÇÃO ENTRE MASSA E ENERGIA EM WATCHMEN	22
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
	REFERÊNCIAS	26
	APÊNDICE A - TEXTO 1 - EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS: DOS PRIMEIROS PENSADORES A DESCOBERTA DOS ELÉTRONS.....	29
	APÊNDICE B – TEXTO 2 - EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS: DO PUDIM DE PASSAS AO MODELO DE BOHR	32
	ANEXO A – HISTÓRIA EM QUADRINHO DO CAPTAIN ATOM	35

1 INTRODUÇÃO

O ensino e a aprendizagem da Física Moderna e Contemporânea (FMC) tem sido objeto de muitos, que tanto buscam compreender e enfatizar a sua importância, mas também criar meios para que ocorra de forma efetiva, visto que sua complexidade é um fator que atrapalha a sua devida compreensão, tanto no ensino superior, como principalmente na Educação Básica. Quando se trata, então, da etapa do Ensino Fundamental, a dificuldade fica ainda mais evidente, por alguns fatores, tais como: a FMC trata de situações não cotidianas, possuindo um aspecto mais abstrato, e os alunos dessa etapa, em sua maioria, ainda não tiveram sequer contato com aspectos mais simples e mais facilmente observáveis da Física, além de estarem desenvolvendo competências e habilidades necessárias para uma boa compreensão desses conteúdos.

Apesar das barreiras que possam existir para que o ensino desse conteúdo ocorra, os documentos legais que regem o currículo no Brasil preconizam que, já nos anos finais do Ensino Fundamental, assuntos referentes a FMC devem ser trabalhados, obviamente em nível que possa ser compreendido pelos alunos. No entanto, há poucos trabalhos na literatura científica brasileira que versem sobre esse tema, possivelmente por ser uma perspectiva recente, colocada pela BNCC de 2018.

Diante disto, este trabalho tem como objetivo propor uma sequência didática para o ensino de conteúdos de Física de Partículas para o 9º Ano do Ensino Fundamental, a partir do uso da História e Filosofia da Ciência e da Ficção Científica.

Para tanto, o trabalho conta com uma fundamentação sobre o ensino da FMC na Educação Básica, bem como sobre a sua presença em documentos legais. Além disso, é discutido o uso da História e Filosofia da Ciência, bem como da Ficção Científica para o ensino de Ciências. Em seguida, a Metodologia é apresentada, discutindo aspectos gerais da construção do trabalho. Por fim, a Sequência Didática é apresentada e explicada, trazendo propostas de como pode ser trabalhado alguns conteúdos de FMC no Ensino Fundamental.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

A Física Moderna teve início nos primeiros anos do século XX, quando Max Planck propôs que a radiação eletromagnética, emitida por um corpo negro, ocorria em pacotes, e também com a formulação da teoria da relatividade proposta por Albert Einstein, o que proporcionou não só à ciência, mas a várias áreas do conhecimento, uma nova visão do mundo. Com o avanço da Física Moderna e Contemporânea (FMC), houve uma revolução no desenvolvimento das tecnologias, e, hoje em dia, é quase impossível viver sem o uso de um computador, celular e de alguns aparelhos da medicina.

Sendo assim, a aprendizagem dos conteúdos pertinentes a essa nova Física se mostra de suma importância, tanto para o desenvolvimento de novas tecnologias, como para a devida compreensão do mundo em que vivemos, mesmo que seus fenômenos não sejam percebidos no cotidiano (TERRAZAN, 1992). Essa preocupação com o ensino da Física Moderna não é recente, pois desde a década de 50 do século XX, nos Estados Unidos, abordagens sobre a FMC foram contempladas no volume 3 do *Physical Science Study Committee (PSSC)*, cuja primeira edição desse projeto foi publicada em 1960 (MONTEIRO, 2013).

Segundo Ostermann, algumas das razões para a introdução de tópicos de (FMC) na escola, são:

- Despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles;
- Os estudantes não tem contato com excitante mundo da pesquisa atual em Física, pois não veem nenhuma Física além de 1900. Esta situação é inaceitável em um século no qual ideias revolucionárias mudaram a ciência totalmente.
- É do maior interesse atrair jovens para a carreira científica. Serão eles os futuros pesquisadores e professores de física. (OSTERMANN, 2000, p. 9)

Terrazan, já em 1992, apontava a necessidade de compreender as tecnologias como uma forte justificativa para a implantação do ensino de FMC no ensino básico. O autor enfatiza a importância da compreensão dos conteúdos próprios dessa área da Física como a formação de um cidadão esclarecido e atuante na sociedade.

Ostermann e Cavalcanti (2001) apontam uma motivação bastante interessante para a introdução de FMC na educação básica. Segundo estes autores, os conteúdos próprios dessa área são instigantes e acabam por cativar os estudantes em compreender assuntos que, muitas vezes, eles têm acesso através de meios de divulgação científica. Além disso, abordar tópicos de FMC ajuda a desmistificar a visão dos estudantes sobre a Física como uma Ciência pronta, distante de suas realidades, trazendo assim um incentivo para que os alunos se interessem pelo estudo da matéria como um todo.

Baseando-se nos pontos acima abordados, estudos têm sido realizados em busca de um maior entendimento de como deve ocorrer essa implantação do ensino de FMC na educação básica. Entre várias formas de realizar esse ensino de forma adequada, está a utilização da sequência didática. Esta, segundo Zabala, é um "conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos" (ZABALA, 1998, p. 18).

Em estudo realizado por Araújo (2018), que consistiu em uma revisão bibliográfica de pesquisas que trataram sobre sequências didáticas, de 2010 a 2018, na área do ensino de FMC, foram encontrados 84 estudos, que atenderam aos seus critérios de seleção, nos eventos e periódicos com maior abrangência para o ensino de física no Brasil.

Ao analisar esses artigos, a autora identificou diversos temas e abordagens utilizadas nas sequências didáticas propostas pelos pesquisadores. Entre os temas, estão: Natureza dual da Luz; Teoria da Relatividade; Radiação; Física de Partículas; entre outros. Já em relação as abordagens foram encontradas o uso de Questionários, Novas Tecnologias, Textos, História da Ciência, entre outros. Não se pretende neste trabalho realizar uma discussão sobre os temas e abordagens encontrados por Araújo, visto que essa discussão já pode ser vista em seu trabalho.

O que se quer chamar atenção para o que foi encontrado por essa pesquisadora é o fato de que nenhum trabalho, nesses 84 analisados, trate do ensino de FMC no nível fundamental, focando em sua maior parte no Ensino Médio e alguns

casos no Ensino Superior, possivelmente pelo fato de que apenas em 2018, com a BNCC, é que foi incentivado o ensino de FMC no Ensino Fundamental.

Fazendo uma pesquisa na Base do Google Scholar, com os verbetes “Física Moderna no Ensino Fundamental” (inclusive com as aspas), de 28 artigos resultantes da busca da Base, apenas 4 resultados realmente tratavam sobre a FMC no ensino fundamental, dentro de um intervalo de 15 anos (2004-2018).

Diante disso, surge o questionamento: será que a FMC não deve ser trabalhada no ensino fundamental? Para tentar responder essa pergunta, faz-se necessário investigar se essa temática está presente no currículo desta etapa do ensino.

2.1.1 Física Moderna e Contemporânea para o Ensino Fundamental II segundo os documentos legais

Antes de tratar sobre a FMC nos documentos legais, cabe aqui falar um pouco sobre o currículo, que como afirma Saviani “é o conjunto das atividades nucleares desenvolvidas pela escola.” (2008, p. 16). Currículo é composto das ações que a escola deve desenvolver, logo o currículo é um norteador que motiva, orienta e possibilita as atividades educacionais, e não uma lista de conteúdos a serem ensinados, como normalmente é entendido aqui no Brasil.

No Brasil, o currículo é determinado pelos seguintes documentos oficiais: Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e Estaduais, bem como Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Sendo assim, esta seção aborda aspectos do ensino de ciências para o ensino fundamental presentes na BNCC e nos Parâmetros Curriculares do Estado de Pernambuco, visando identificar se conteúdos de FMC estão contemplados. As características do estudo de FMC possibilitam aos alunos, em sua formação científica, explorar aspectos mais complexos das relações consigo mesmos, com os outros, com a natureza, com as tecnologias e com o ambiente; ter consciência dos valores éticos e políticos envolvidos nessas relações.

Nas Tabelas 1 e 2 abaixo, estão destacados os conteúdos que possuem relação com a FMC apresentados nos Parâmetros Curriculares de PE e na BNCC para os anos finais do Ensino Fundamental. Esta etapa da educação básica foi escolhida pelo fato de que a exploração das vivências, saberes, interesses e

curiosidades dos alunos sobre o mundo natural e material continua sendo fundamental. Todavia, ao longo desse percurso, percebem-se uma ampliação progressiva da capacidade de abstração e da autonomia de ação e de pensamento, em especial nos últimos anos, requisitos necessários para se trabalhar com a FMC.

Os Parâmetros Curriculares de PE são uma proposta que articula parâmetros curriculares nacionais, programas de ensino, desempenho dos estudantes e formação de professores, no ensino fundamental, no ensino Médio e na Educação de Jovens e Adultos. Tem por objetivos fortalecer o diálogo da Secretaria de Educação do Estado e das secretarias municipais de Educação com as instituições formadoras de professores e orientar a formação continuada realizada no âmbito das próprias secretarias.

Tabela 1 - Conteúdos de Física Moderna e Contemporânea para o 9º Ano do Ensino Fundamental conforme análise feita pelo autor nos Parâmetros Curriculares do Estado de Pernambuco (2013)

CONTEUDOS DE FISICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA
Fontes naturais de Energia (Nuclear)
A luz e sua interação com os materiais
Conceitos de Matéria e energia (Nuclear)
Racionalizar energia (Nuclear)
Energia e suas utilizações
Transformação da Energia (Nuclear)
Teoria atômica
Uso de equipamentos tecnológicos no cotidiano. (filtros industriais, termômetro, raios- X, tomografia, ultrassom, micro-ondas, telefone celular etc.).
Condutores e isolantes de calor e eletricidade

A BNCC é o conjunto de conhecimentos que todos os alunos têm o direito de ter acesso. É o fio condutor das áreas do conhecimento que norteia desde a educação infantil até o ensino médio, mostrando as competências para a formação dos alunos ao longo da escolaridade básica.

Tabela 2 - Conteúdos de Física Moderna e Contemporânea para o 9º Ano do Ensino Fundamental conforme análise feita pelo autor na Base Nacional Comum Curricular (2018)

CONTEUDOS DE FISICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA
Estrutura da matéria
Ideias evolucionistas
Composição, estrutura e localização do Sistema Solar no Universo
Astronomia e cultura

Evolução estelar

Diante do que foi encontrado, observamos que a FMC pode sim ser trabalhada nos anos finais do Ensino Fundamental, propriamente no 9º Ano, mostrando que essa proposta tem lugar como uma atividade viável para este público. Muitas metodologias podem ser usadas para se trabalhar FMC no ensino básico. Entre elas, as que foram escolhidas para este trabalho foram a História e Filosofia da Ciência e a Ficção científica.

2.2 HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE FÍSICA

A importância do uso da História e Filosofia da Ciência (HFC) no Ensino de Ciências já está bastante fundamentada por diversos autores (MATTEWS, 1994, 1995; MARTINS, 2007; FORATO, 2009). Os próprios documentos legais que regem a educação e o ensino no Brasil apontam para a necessidade do seu uso como pode ser visto nas competências da BNCC e nos objetivos do PCN. A BNCC traz, como primeira competência específica de Ciências da Natureza para o Ensino Fundamental, “Compreender as Ciências da Natureza como empreendimento humano, e o conhecimento científico como provisório, cultural e histórico” (BRASIL, 2018, p. 324). No PCN é destacado o seguinte objetivo que tem relação direta com o uso de HFC no ensino de Ciências: “compreender a Ciência como um processo de produção de conhecimento e uma atividade humana, histórica, associada a aspectos de ordem social, econômica, política e cultural” (BRASIL, 2000, p. 33).

Tanto na BNCC como no PCN é destacada a importância de os alunos compreenderem a Ciência como uma atividade humana e histórica, ou seja, os documentos estão preocupados que não seja transmitida uma visão deturpada da Ciência. De acordo com Mattews (1994), a HFC é necessária para se entender a natureza da Ciência e também, ao analisar a vida dos cientistas, contribui para uma compreensão humanística da Ciência, o que está de acordo com o preconizado nos documentos.

Mas, os benefícios da HFC no Ensino não se reduzem a esses supracitados. O próprio Mattews (1995) traz alguns outros:

(1) motiva e atrai os alunos; (2) humaniza a matéria; (3) promove uma compreensão melhor dos conceitos científicos por traçar seu desenvolvimento e aperfeiçoamento; (4) há um valor intrínseco em se compreender certos episódios fundamentais na história da ciência -a Revolução Científica, o darwinismo, etc.; (5) demonstra que a ciência é mutável e instável e que, por isso, o pensamento científico atual está sujeito a transformações que (6) se opõem a ideologia cientificista; e, finalmente, (7) a história permite uma compreensão mais profícua do método científico e apresenta os padrões de mudança na metodologia vigente (MATTEWS, 1995, p. 172-173).

Martins (2007) chama a atenção para dois aspectos importantes sobre a HFC no ensino. O primeiro diz respeito à forma como ela pode ser pensada. Para ele, essa abordagem tanto pode ocorrer como um conteúdo em si das disciplinas científicas, mas também como uma estratégia didática que facilite a aprendizagem de conceitos, modelos e teorias. O segundo aspecto fala sobre a importância da HFC estar presente na formação do professor, pois, para ele, é capaz de

“evitar visões distorcidas sobre o fazer científico; permitir uma compreensão mais refinada dos diversos aspectos envolvendo o processo de ensino-aprendizagem da ciência; proporcionar uma intervenção mais qualificada em sala de aula.” (MARTINS, 2007, p. 115).

Sendo assim, é importante fornecer, para os professores, materiais que os auxiliem para o uso adequado de HFC em sala de aula, além de trabalhar com a melhora na concepção sobre a importância da HFC para o ensino, e não apenas como uma mera curiosidade ou introdução, visto que muitas das vezes sua formação ainda é deficitária neste aspecto. Pensando nisso, a sequência didática elaborada buscou introduzir, em um de seus momentos, uma forma de se trabalhar a HFC em sala de aula durante a explanação do conteúdo de Física de Partículas para o Ensino Fundamental.

2.3 FICÇÃO CIENTÍFICA E ENSINO DE FÍSICA

Atualmente, há diversas possibilidades que auxiliam o professor no processo do ensino de ciências. O uso da Ficção Científica (FC) é uma dessas alternativas que tem contribuído para o melhor entendimento de conceitos científicos e também para

a própria discussão sobre o que seja ciência, até onde ela pode ir, o que ela realmente pode ou não explicar nas diversas obras, quer cinematográficas quer literárias, produzidas (PIASSI; PIETROCOLA, 2009).

Antes de adentrar mais especificamente sobre o uso de FC no ensino de ciências, vamos apresentar algumas definições sobre o que ela seja. De acordo com Piassi e Pietrocola (2009) não há uma definição única para FC. Eles abordam algumas definições, baseando-se em alguns estudiosos, resumindo-as na compreensão de que a FC não é um

gênero que possui qualquer relação com a ciência, mas sim que emprega uma racionalidade do tipo científica para produzir conjeturas sobre a realidade. Por meio da derivação ou variação, sua narrativa é pautada pela conjetura dentro dos limites da racionalidade lógico-causal. É orientada para a exploração dos efeitos humanos decorrentes do estabelecimento de um novum, que é disparador de conjeturas. Daí decorre seu efeito literário. (PIASSI; PIETROCOLA, 2009, p. 528)

Estes mesmos autores ainda chamam a atenção para outro aspecto da FC, extremamente importante para seu uso no Ensino de Ciências, o chamado *sense of wonder*, que seria uma perplexidade frente a um acontecimento que tenha ligação com o real por meio de uma possibilidade de ser sustentado com a razão, ou seja, de ter uma possível aplicação fora do mundo da ficção.

Percebe-se, então, que a FC possui características que podem contribuir para o Ensino de Ciências, principalmente no que diz respeito à empregabilidade da racionalidade científica e da criticidade. Mas não só isso, pois ao utilizar a FC no Ensino, o professor contribui para o desenvolvimento de competências e habilidades da linguagem dos alunos, preconizados nos documentos legais (PCN e BNCC) que regem a educação. Estes apresentam, dentre os objetivos e competências a serem desenvolvidas nos alunos do ensino fundamental, as seguintes considerações a respeito da linguagem:

Utilizar as diferentes linguagens - verbal, musical, matemática, gráfica, plástica e corporal - como meio para produzir, expressar e comunicar suas idéias, interpretar e usufruir das produções culturais, em contextos públicos e privados, atendendo a diferentes intenções e situações de comunicação (BRASIL, 1998, p. 7-8);

Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo (BRASIL, 2018, p. 9).

Sendo assim, em conformidade com os documentos e com as especificidades da FC, percebemos que esta surge como uma linguagem alternativa útil para o ensino de ciências, através, por exemplo, de obras cinematográficas e literárias, nas quais se inclui as Histórias em Quadrinhos (HQ).

2.3.1 HQ e Ensino de Física

De acordo com Chicórá e Camargo (2017), as HQ são narrativas, dispostas em quadrinhos na horizontal, que contam histórias por meio de desenhos e diálogos. Possuem fácil interpretação por usarem combinações de cores, desenhos e imagens, tendo, por isso, grande procura. Conforme Vergueiro citado por Chicórá e Camargo, a utilização das HQ no ensino tem muitas vantagens, pois

promovem uma participação mais ativa dos estudantes durante as aulas, visto que os estudantes se identificam com a linguagem utilizada; a interligação do texto à imagem amplia a compreensão de conceitos; o alto nível de informação e conteúdos abordados nas HQ permite ao professor utilizá-las em diversas situações; favorecem a comunicação entre professor e aluno; promovem o hábito da leitura, enriquecem o vocabulário dos estudantes e potencializam o desenvolvimento do pensamento crítico e imaginação (VERGUEIRO, 2014 apud CHICÓRA, CAMARGO, 2017, p. 3).

Pena (2003) destaca diversos objetivos para o uso da HQ na sala de aula. Para ele, essa ferramenta didática pode ser usada como meio de exemplificar o que foi ensinado, corrigir erros conceituais, criar situações problema, complementar o assunto abordado e desenvolver a criatividade através da criação de HQ pelos próprios alunos. Chicórá e Camargo (2017) ainda afirmam que as HQ podem ser usadas para realizar um levantamento das concepções prévias dos alunos, bem como avaliar a aprendizagem durante o processo educacional.

Testoni e Abib (2003) apontam que o uso das HQ pode ocorrer em diversos momentos e com variadas finalidades educacionais, cabendo ao professor defini-los de acordo com a turma em que irá ser aplicado e com os objetivos propostos. Diante disso, estes autores destacam pelo menos quatro categorias que classificam o uso

das HQ, deixando claro que, dependendo do momento, uma mesma HQ pode se encaixar em várias categorias ao mesmo tempo. Essas categorias são:

a) categoria ilustrativa, cuja principal função é representar de forma gráfica um fenômeno previamente estudado[...]; b) categoria explicativa, que possui como principal característica a explicação integral de um fenômeno físico, abordando-o na forma de Quadrinho [...]; c) categoria motivadora, a qual tem como objetivo, inserir no enredo da HQ, o próprio fenômeno físico, sem uma explicação prévia do mesmo. Tal fato buscaria motivar o aluno a pesquisar/entender a respeito do tema tratado para compreender a narrativa colocada pela História em Quadrinho; d) categoria instigadora, que possui como principal característica, a proposição explícita, no decorrer do enredo, de uma situação/questão que faça o aluno pensar a respeito do assunto tratado. (TESTONI; ABIB, 2003, p. 2).

Em seu trabalho, Chicóira e Camargo (2017) identificaram e analisaram trabalhos sobre o uso da HQ no Ensino de Física em periódicos e eventos nacionais. Os autores observaram que a utilização dessa ferramenta didática possui diversas contribuições para a aprendizagem, mas chamam a atenção para que não se confira um aspecto recreativo ou autossuficiente para as histórias utilizadas. Eles destacam a importância de um planejamento criterioso a fim de se evitar o erro de dificultar a aprendizagem e até mesmo contribuir para uma aprendizagem conceitual errônea.

Diante disto, a segunda aula prevista para esta sequência didática está fundamentada no uso de uma HQ a fim de se ensinar o conteúdo de Física de Partículas.

2.3.2 Cinema e Ensino de Física

O uso de vídeo como ferramenta didática apresenta diversas vantagens. Segundo Moran (1995, p. 27), “o vídeo ajuda a um bom professor, atrai os alunos [...] Aproxima a sala de aula do cotidiano, das linguagens de aprendizagem e comunicação da sociedade urbana”. Moran (1995) ainda destaca que a linguagem que os vídeos trazem, respondem à sensibilidade da juventude, que exige uma comunicação mais dinâmica e voltada para o que se vê. Além disso, Carvalhal (2009) aponta a importância do vídeo como uma forma de veicular a cultura a todas as gerações.

Quando usado em sala de aula, o vídeo, muitas vezes, está relacionado como momento de lazer e entretenimento. Assim, os alunos modificam suas posturas frente ao que vai ser tratado e também suas expectativas em relação a atividade proposta. Essa nova expectativa, geralmente positiva, precisa ser bem aproveitada para atrair os alunos para os conteúdos que serão ministrados (MORAN, 1995).

Dessa forma, entende-se a importância do uso de obras cinematográficas como alternativa útil para o processo de ensino-aprendizagem de conteúdos de Física. Conforme Xavier e colaboradores

Propomos o uso do cinema no ensino-aprendizado da Física como uma alternativa para romper com a barreira do tradicional e situar o professor numa pedagogia crítica e dialógica na qual os alunos saem do papel de meros receptores e reprodutores dos conteúdos que lhes são impostos e passam a ser sujeitos ativos na construção do saber (XAVIER et. al., 2010, p. 95).

No entanto, como destacado por Moran (1995), não se pode conferir ao vídeo a responsabilidade de ensinar, mas sim usá-lo como uma ferramenta metodológica que contribua no ensino. O professor precisa ter criticidade ao trabalhar com vídeos em sala de aula, tanto para evitar o que Moran destaca, como para não transmitir conceitos e concepções errôneas, quer de conteúdos científicos, quer da própria ideia de ciência, visto que os conceitos de tecnologia e ciência adquiridos vêm, diversas vezes, dos filmes de ficção científica (BRITO; NOLASCO, 2011).

Embora não tenha nenhum compromisso com a educação científica, mas sim com o livre debate imaginativo, é muito evidente que o gênero de ficção científica desperta no público algum interesse pela ciência, estabelecendo algum nível de alfabetização e até servindo de estímulo para que se desenvolva uma carreira científica (SUPPIA, 2007).

De acordo com as vantagens apresentadas, a terceira atividade dessa sequência didática baseia-se em um filme de ficção científica que traz momentos que podem ser aproveitados para se trabalhar o conteúdo de Física de Partículas.

3 METODOLOGIA

Este trabalho configura-se como uma proposta de sequência didática para se trabalhar Física Moderna e Contemporânea (FMC) na Educação Básica, mais especificamente o 9º Ano do Ensino Fundamental. Como a FMC é ampla, foi escolhido o tema de Física de Partículas como eixo para todas as atividades desenvolvidas. Esta sequência didática está dividida em três atividades distintas. A primeira tem o foco na História da Ciência. Já a segunda e a terceira, baseiam-se no uso da Ficção Científica, mas com formatos diferentes.

A primeira atividade, baseada no uso da História da Ciência para o Ensino de Ciências, foi construída a partir do texto de Andrade (2015), onde foi realizada uma adaptação para se trabalhar com o 9º Ano em dois momentos. O texto versa sobre a evolução dos modelos atômicos, desde as ideias de átomo apresentadas pelos primeiros pensadores do assunto, até o modelo proposto por Niels Bohr.

A segunda atividade consiste na utilização de uma HQ, a fim de se trabalhar assuntos como estrutura e desintegração da matéria, radiação e energia nuclear. Será utilizada a HQ do Capitão Átomo (GIL; DITKO, 1960) como forma de motivar a discussão sobre os assuntos acima. A terceira atividade aborda os mesmos assuntos da atividade anterior, mas por meio de uma linguagem diferente, a do cinema. O filme utilizado é Watchmen (2009), que não é indicado ser trabalhado completamente, mas sim alguns trechos, pois algumas cenas são impróprias para a idade dos alunos dos anos finais do Ensino Fundamental.

Embora a HQ e o filme falem sobre o mesmo assunto, de forma geral, a abordagem é diferenciada, visto que são linguagens distintas. Como já comentado anteriormente, tanto a BNCC (2018) como os PCN (1998) tem como objetivo utilizar diferentes linguagens para que o ensino e a aprendizagem ocorra de forma mais ampla e efetiva. Por isso que, mesmo se tratando de um mesmo assunto, foram escolhidas essas duas linguagens distintas para a construção desta sequência didática.

As atividades estão detalhadas na seção seguinte, indicando os detalhes de cada uma. O texto produzido para a primeira atividade encontra-se nos ANEXOS/APÊNDICES. Cada uma das atividades pode ser trabalhada separadamente, pois são independentes. No entanto, o autor indica que as três sejam

utilizadas, para um maior aproveitamento da sequência didática e do aprendizado neste conteúdo.

Além disso, para a construção deste trabalho, foi feito um levantamento bibliográfico a cerca das produções sobre o ensino de FMC no Ensino Fundamental. Esta pesquisa foi realizada na base de dados do Google Scholar, com os verbetes “Física Moderna no Ensino Fundamental” (inclusive com as aspas), sendo encontrado 28 artigos, mas apenas 4 resultados realmente tratavam sobre a FMC no ensino fundamental, dentro de um intervalo de 15 anos (2004-2018). Esta pesquisa inicial levantou outro questionamento, que era se este assunto não deveria ser trabalhado nesta etapa da Educação.

Para responder a esta pergunta, uma outra pesquisa foi feita e também é parte da construção desse trabalho. Desta vez, os documentos oficiais que regem o currículo da Educação Brasileira foram pesquisado, buscando-se verificar se os assuntos de FMC devem ou não serem trabalhados no Ensino Fundamental. Os documentos pesquisados foram a Base Nacional Comum Curricular e os Parâmetros Curriculares do Estado de Pernambuco. O resultado desta pesquisa encontra-se na seção anterior e mostram que a FMC deve sim ser trabalhada nesta etapa da Educação.

4 SEQUÊNCIA DIDÁTICA PROPOSTA

A sequência didática está dividida em três atividades. Na Tabela 3 estão descritos os assuntos, objetivos, material utilizado, avaliação prevista e a quantidade de aulas para cada atividade. A sugestão é que a aplicação ocorra no início do ano letivo, em turmas de 9º Ano do Ensino Fundamental, devido a grande possibilidade de que os alunos sintam-se mais estimulados e interessados em estudar e aprender Ciência ao longo de todo o ano, em especial a Física, neste caso.

No entanto, aplicar no início do ano é apenas uma sugestão, ficando o professor livre para aplicar no momento que achar mais oportuno, de acordo com os conteúdos que estiver trabalhando. Como são atividades que isoladas, as três atividades podem ocorrer em momentos distintos ao longo do ano, inclusive podendo fazer parte de uma atividade extraclasse, como um projeto aberto para diversos alunos de diversas turmas, embora o foco seja para anos finais do Ensino Fundamental.

Tabela 3 - Quantitativo de aulas, assunto, material utilizado, objetivo e avaliação prevista para cada atividade da sequência didática proposta

ATIVIDADE	AULAS	ASSUNTO	MATERIAL UTILIZADO	OBJETIVO	AValiação PREVISTA
Primeira	1 e 2	Estrutura da matéria/Teoria atômica	Textos sobre a evolução dos modelos atômicos (em Anexo)	Reconhecer a evolução dos modelos atômicos	Construção de uma linha do tempo sobre a evolução dos modelos atômicos estudados.
Segunda	3 e 4	Estrutura da matéria/Teoria atômica	História em quadrinhos: Capitão Átomo.	Estabelecer relação entre massa e energia na estrutura da matéria	Roda de conversa sobre aspectos da estrutura atômica identificados na HQ
Terceira	5 e 6	Estrutura da matéria/Teoria atômica	Filme: Watchmen	Estabelecer relação entre massa e energia na estrutura da matéria	Produção de uma narrativa (texto escrito, desenho, HQ) sobre a temática da relação

A seguir, estão descritos os detalhes e procedimentos de cada um dos momentos da sequência proposta.

4.1 HISTÓRIA DOS MODELOS ATÔMICOS

A primeira atividade deve ser dividida em duas aulas. Na primeira aula, deve ser trabalhado o Texto 1 (ANEXO A), que trata sobre a evolução dos modelos atômicos desde a Antiguidade até a descoberta dos elétrons, por Thomson. Na segunda aula, o Texto 2 (ANEXO B), que fala sobre a evolução a partir do momento final do Texto 1 até o modelo proposto por Bohr.

Apesar de ocorrer em duas aulas, a dinâmica para essa atividade deve ser a mesma. Divide-se a turma em grupos de quatro a cinco alunos, e entrega o texto para cada integrante. Em um primeiro momento, os alunos devem fazer uma leitura em grupo, com tempo para que possam fazer alguns comentários entre si. Após esse momento, o professor faz uma leitura orientada com a turma, intervindo em trechos que achar pertinente chamar a atenção dos alunos para o conteúdo, principalmente aqueles que fazem referência às características de cada modelo, seus pontos fortes e fracos.

Ao final da primeira aula, deve ser pedido que os alunos, como atividade extraclasse, construam uma linha do tempo sobre a evolução dos modelos atômicos até o modelo estudado em sala. Essa linha do tempo será finalizada após o término da segunda aula, quando se estudará o modelo atômico de Rutherford-Bohr. A linha do tempo deve conter não só a data e o modelo proposto, mas suas características e aspectos envolvidos em sua elaboração, bem como sua substituição por outro modelo. O professor deve incentivar que os alunos tornem a linha do tempo mais completa possível, inclusive com imagens, de forma que a evolução do modelo atômico fique muito bem representada.

Cabe salientar aqui que, uma construção de uma linha do tempo pode contribuir para que os alunos enxerguem a ciência como uma atividade linear, distorcendo a visão da ciência. Pensando nisso, o professor precisa deixar claro que o conhecimento científico não é construído dessa maneira, e que a linha do tempo apenas contribui para uma visualização mais geral de como o conhecimento que temos atualmente sobre o modelo atômico foi sendo construído ao longo do tempo.

4.2 O CAPITÃO ÁTOMO E A ESTRUTURA DA MATÉRIA

Como a HQ (Anexo A) está em sua versão original, em inglês, é interessante que ocorra uma atividade interdisciplinar, com o professor de língua inglesa, que poderia, junto com os alunos, fazer a tradução prévia dessa HQ em sua aula. Só depois desse momento, é que o professor de Ciências poderia dar início a esta atividade.

O professor deve iniciar a aula comentando sobre a relação de equivalência massa-energia ($E=mc^2$) e questionar os alunos sobre as suas concepções acerca do que aconteceria se porventura a massa de um corpo fosse inteiramente transformada em energia. É esperado que os alunos enxerguem a quantidade imensa que seria liberada.

Após um breve momento de discussão, explicar aos alunos a estrutura básica da matéria (caso a primeira atividade tenha sido realizada anteriormente, é interessante relembrar o conteúdo) em especial do átomo, mencionando que núcleos instáveis podem emitir energia em forma de radiação. Dessa forma, essas duas discussões trariam autonomia para que os alunos, ao ler a HQ, pudessem compreendê-la e comentá-la de forma crítica, cientificamente.

Após a explicação, o professor apresentará a HQ e os alunos, em grupos de quatro ou cinco, terão um momento para iniciarem a análise do texto e encontrar os elementos discutidos previamente. Como a HQ possui nove páginas, é indicado que os alunos, de forma individual ou em grupo, terminem a leitura e análise como atividade extraclasse, para que na segunda aula possa ocorrer uma roda de conversa sobre os conteúdos presentes na HQ. Cabe salientar que, por se tratar de uma ficção científica, existem erros e exageros científicos, e isto deve ser discutido com os

alunos, a fim de não os induzir ao erro. Nem tudo o que acontece na ficção, mesmo que esteja sendo usada a ciência para explicar, realmente está correto e adequado para a ciência real.

A roda de conversa seria uma forma do professor avaliar se os alunos conseguiram compreender o que foi trabalhado na aula anterior, bem como ajustar possíveis concepções erradas que os alunos possam apresentar, visto que isso é comum ao se trabalhar com materiais de ficção científica sem uma visão crítica.

4.3 A RELAÇÃO ENTRE MASSA E ENERGIA EM WATCHMEN

Antes de realizar a exibição do filme, o professor deve iniciar a aula fazendo uma discussão sobre a relação entre massa e energia. Caso essa atividade seja trabalhada isoladamente ou junto com a primeira proposta, descrita na seção 4.1 (Evolução dos Modelos Atômicos), o professor deve seguir o que foi proposto anteriormente para o momento descrito na seção 4.2 (O Capitão Átomo e a Estrutura da Matéria). Se for trabalhado após a atividade da HQ, o professor pode apenas fazer breves comentários sobre o que já tiver sido discutido anteriormente, como uma forma de lembrar aos alunos o conteúdo da relação entre massa e energia e estrutura dos átomos.

Após essa discussão, alguns trechos do filme devem ser exibidos, sempre pedindo para que os alunos façam comentários sobre o conteúdo da relação massa e energia com o que tiver sido visto. É interessante que o professor não dê respostas prontas, mas atue como mediador das discussões levantadas a partir das respostas dos alunos, levando-os a compreender, também, que a ficção científica tem a liberdade de não representar a natureza com realismo.

Os trechos indicados para serem trabalhados são:

1. 24min a 27m 40s – Esse trecho retrata um teletransporte realizado pelo dr. Manhattan. O professor pode questionar os alunos o porquê e como isso ocorreu e qual a relação entre essa cena e o conteúdo trabalhado;
2. 38min30s a 39min20s – Essa cena mostra como o dr. Manhattan consegue derrotar os inimigos em uma guerra, que é por meio da desintegração de seus corpos. O professor poderia questionar os alunos

sobre a possibilidade real disso ocorrer e como poderia ser alcançado tal feito. Como se trata de uma cena violenta, o professor pode colocar o foco não em matar uma pessoa, mas sim na desintegração de corpos quaisquer;

3. 1h a 1h11min – Este trecho relata como o dr. Manhattan adquiriu seus poderes. É importante que o professor, antes da exibição dessa cena, pergunte a seus alunos o motivo que tornou o dr. Manhattan tão poderoso, pedindo para que eles tentem trazer explicações dentro da temática da relação massa e energia e estrutura da matéria. Em seguida, o trecho deve ser exibido e discutido, partindo-se das ideias previamente levantadas pelos alunos. Claro que a discussão sobre a possibilidade de tal evento ocorrer na realidade também deve estar presente;
4. 2h17min a 2h20min – Essa cena mostra a explosão de uma bomba nuclear. O professor pode trabalhar com os alunos a ideia de como funciona uma bomba nuclear bem como seus efeitos. É um momento para mostrar a incrível relação existente entre a massa de um corpo e sua energia, pois o filme retrata bem como algo relativamente pequeno pode causar uma destruição enorme.

Após a exibição de todas as cenas, o professor pode dividir a sala em grupos para a realização de uma atividade avaliativa sobre o conteúdo e sua relação com a ficção científica. É proposto que o professor peça que os alunos produzam uma narrativa, baseada no que foi assistido no filme, mas que seja original, ou seja, não é um resumo ou uma representação de alguma cena exibida. Esta narrativa pode ser tanto em texto escrito, como também um desenho ou uma HQ, desde que contenha personagens e histórias criadas por eles. O tema deve ser a relação entre massa e energia e estrutura da matéria. Os grupos devem iniciar a produção em sala, finalizando a atividade em momento extraclasse e apresentando na aula seguinte.

O professor deve analisar se os alunos conseguem introduzir em suas criações os conceitos apresentados e discutidos. Se houver algum erro ou exagero científico, o professor deve questionar o motivo daquela escolha, pois pode ter sido por uma liberdade própria da ficção científica, mas também pode ter sido por uma compreensão inadequada, cabendo ao professor orientá-lo no conhecimento científico adequado, bem como no estímulo a criatividade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho, embora não tenha sido aplicado, apresenta relevância para o ensino de FMC no Ensino Fundamental, visto a escassez de trabalhos dessa forma, o que prejudica a atividade daquele professor que busque seguir o que é preconizado pelos documentos oficiais curriculares. Em cima disso, a sequência didática está fundamentada em um dos assuntos que aparecem tanto na BNCC como nos Parâmetros Curriculares de Pernambuco, contribuindo para uma prática docente alinhada a estes materiais.

A sequência didática foi pensada para funcionar como um guarda-chuva, que tanto pode ser trabalhada em situações com tempo suficiente para as três atividades propostas, mas também cada atividade possui independência, e pode ser feita isoladamente, sem nenhum prejuízo do conteúdo maior, o que contribui para várias realidades, pois os professores podem, inclusive, trabalhar como um projeto em suas escolas.

Espera-se que essa sequência possa ser útil para professores que estejam vivenciando o ambiente de sala de aula, trazendo contribuições para suas práticas e, principalmente, para o aprendizado dos conceitos e ideias presentes na FMC pelos alunos, desde o âmbito escolar para o social. As atividades também contribuem para o desenvolvimento de habilidades e competências dos alunos, que não só servirão para o aumento de conhecimento científico, mas também para a formação crítica de um cidadão.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J. S. **A abordagem de modelos atômicos para alunos do 9º ano do ensino fundamental pelo uso de modelos e modelagem numa perspectiva histórica**. 2015. 156 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília, 2015.
- ARAÚJO, F. C. **Revisão de literatura sobre intervenções didáticas para o ensino de conceitos de Física Moderna no Ensino Médio**. 2018. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) – Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, UFSC, Florianópolis, 2018.
- BRASIL, Ministério da Educação e Cultura, República Federativa do Brasil. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC) - Ensino Fundamental**. Brasília: MEC, 2018.
- BRASIL, Ministério da Educação e Cultura, República Federativa do Brasil. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Terceiro e Quarto ciclos do Ensino Fundamental**. Brasília: MEC, 1998.
- BRITO, C. E. C.; NOLASCO, D. **A Física dos filmes de Hollywood: Seria essa uma fonte segura de conhecimento?**. 2011. 20 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Física, Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2011.
- CARVALHAL, F. C. A. **Instituto Nacional De Cinema Educativo: Da História Escrita À História Contada - Um Novo Olhar**. 2009. Disponível em: <http://www.mnemocine.com.br/index.php/2017-03-19-18-18-46/historia-e-cinema/113-fernanda-caraline-de-a-carvalhal>. Acesso em: 11 fev. 2020.
- CHICÓRA, T.; CAMARGO, S. As histórias em quadrinhos no Ensino de Física: uma análise das produções acadêmicas. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 11., 2017, Florianópolis. **Anais eletrônicos [...]** Florianópolis: UFSC, 2017. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R0592-1.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2020.
- FORATO, T. C. M.. **A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da história da luz**. 2009. 204 F. Tese (Doutorado em Educação), USP, São Paulo, 2009.
- GILL, J.; DITKO, S. **Space Adventure**. n. 33, mar. 1960.
- MARTINS, A. F. P. História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 24, n. 1: p. 112-131, abr. 2007.
- MATTEWS, M. R. **Science teaching: the role of History and Philosophy of Science**. New York: Routledge, 1994.
- MATTEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12. n.

3. p. 164-214, 1995. Disponível em:

<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7084/6555>. Acesso em: 05 nov. 2020.

MONTEIRO, M. A. O Ensino da Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica e uma provável atuação dos professores como intelectuais transformadores: por uma formação pautada na ação comunicativa habermasiana e na ação dialógica freireana. *In: COLOQUIO INTERNACIONAL PAULO FREIRE*, 8., 2013, Recife.

Anais eletrônicos [...] Recife: Centro Paulo Freire Estudos e Pesquisas, 2013.

Disponível em: <http://coloquio.paulofreire.org.br/participacao/index.php/coloquio/viii-coloquio/schedConf/presentations?searchInitial=M&track=>. Acesso em: 11 fev. 2020.

MORAN, J. O Vídeo na Sala de Aula. **Comunicação & Educação**, São Paulo, v. 2, p. 27-35, jan./abr. 1995.

OSTERMANN, F. **Tópicos de Física Contemporânea em escolas de nível médio e na formação de professores de Física**. 2000. 441 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre, 2000.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. Um pôster para ensinar Física de Partículas na escola. **Física na Escola**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 13-18, 2001.

PENA, F. L. A. Como trabalhar com “TIRINHAS” nas aulas de Física. **Física na Escola**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 20-21, 2003.

PERNAMBUCO, Secretaria de Educação. **Parâmetros para a Educação Básica do Estado de Pernambuco – Parâmetros Curriculares de Ciências Naturais – Ensino Fundamental**. Recife: UNDIME-PE, 2013.

PIASSI, L. P.; PIETROCOLA, M. Ficção científica e ensino de ciências: para além do método de ‘encontrar erros em filmes’. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 525-540, set./dez. 2009.

SAVIANI, D. **Pedagogia histórico-crítica: primeiras aproximações**. 10. ed. Campinas: Autores Associados, 2008.

SUPPIA, A. L. P. O. Ficção científica e o despertar do interesse científico: o fator eureka. *IN: NOLASCO, E. C.; LONDERO, R. R. (org.). Volta ao mundo da ficção científica*. Campo Grande: UFMS, 2007.

TERRAZAN, E. A. A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na escola de 2º grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, dez 1992.

TESTONI, L. A.; ABIB, M. L. V. S. A utilização de Histórias em Quadrinhos no Ensino de Física. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 4., 2003, Bauru. **Atas eletrônicas** [...] Florianópolis: UFSC, 2003.

Disponível em: <http://abrapecnet.org.br/enpec/iv-enpec/index.html>. Acesso em: 11 fev. 2020.

WATCHMEN. Dirigido por Zack Snyder. Warner Bros. 2009.

XAVIER, C. H. G. et al. O uso do cinema para o Ensino de Física no Ensino Médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 5, n. 2, p. 93-106, 2010.

ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.

APÊNCIDE A - TEXTO 1 - EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS: DOS PRIMEIROS PENSADORES A DESCOBERTA DOS ELÉTRONS

Evolução dos Modelos Atômicos: Dos primeiros pensadores a descoberta dos elétrons

Desde muito tempo atrás as pessoas já se perguntavam a respeito da constituição da matéria. Afinal, do que as coisas são feitas? Essa pergunta intrigou muitas pessoas. Vários filósofos e estudiosos da época fizeram suposições para tentar responder a essa pergunta. Empédocles e Aristóteles, dois filósofos gregos, por volta de 500 a.C. tinham uma teoria que por muito tempo foi aceita. Para eles a matéria era constituída pela combinação de quatro elementos da natureza (o termo elemento aqui tem significado diferente do que é atribuído pela química atualmente): água, ar, terra e fogo. Além dessa, muitas outras suposições foram feitas.

Algum tempo depois, por volta de 450 a.C., Demócrito e Leucipo também propuseram uma resposta a essa pergunta. Eles tinham a ideia de que se a matéria fosse dividida várias e várias vezes chegaria um momento que ela seria tão pequena que não seria mais possível dividi-la. Para esses estudiosos essa partícula indivisível, em suas variadas formas e tamanhos, constituiriam todas as coisas. A essa partícula muitíssimo pequena foi dada o nome de átomo, que no grego significa indivisível.

Mas até meados do século XIX o atomismo ainda não era aceito pela comunidade científica. Até esse momento as proposições feitas a respeito da constituição da matéria eram apenas filosóficas, ou seja, eram baseadas em

questionamentos. Neste mesmo século, o cientista John Dalton retomou a teoria proposto há 23 séculos pelos atomistas gregos Leucipo e Demócrito.

Nesse momento, auxiliado pelos avanços pelos quais a ciência passou durante esse período, Dalton formulou uma teoria atômica, mas essa teoria não foi aceita imediatamente pela comunidade científica. Levou algum tempo para que essa teoria fosse considerada e para que outros estudiosos aprofundassem os estudos no atomismo.

A teoria atômica de Dalton se baseava nos seguintes postulados:

- Toda matéria é formada por substâncias. As substâncias são formadas por átomos, que são maciços e indivisíveis;
- As substâncias simples são caracterizadas por terem apenas um tipo de átomo. Dessa forma, os átomos de uma mesma substância simples são iguais e têm a mesma massa. Átomos de substâncias simples diferentes são diferentes e têm massas diferentes;
- As substâncias compostas são formadas pela combinação de dois ou mais tipos de átomos diferentes na proporção de números inteiros;
- Dois ou mais átomos podem se combinar de diferentes maneiras e formar mais de um tipo de substância;
- Os átomos não podem ser destruídos nem criados.

Desse modo, o átomo proposto por Dalton é caracterizado como algo pequeno, esférico, maciço, indivisível e indestrutível. Apesar de novos modelos terem sido propostos depois, algumas ideias de Dalton permanecem até hoje aceitas pela comunidade científica.

No final do século XIX, o modelo atômico cientificamente aceito teve uma modificação. O cientista Joseph John Thomson, após inúmeros experimentos realizados por ele e por outros cientistas, descobriu a existência de partículas

bem menores que o átomo, que estavam presentes em todos os átomos e que tinham carga elétrica negativa. Essas partículas foram chamadas de elétrons. A eletricidade estaria então relacionada ao movimento das cargas elétricas e não mais entendida como um fluido presente em todos os corpos, que era a explicação aceita até o momento. As cargas elétricas, que podem ser positivas ou negativas (como é o caso dos elétrons), justificariam também a atração e repulsão entre corpos eletrizados.

Desde a antiguidade a propriedade de atração entre certos corpos já era conhecida. O filósofo Tales de Mileto já observava que o âmbar, quando atritado com a lã, ficava carregado eletricamente. Desse modo, quando tal material era aproximado de outros também eletrizados, se atraíam ou se repeliam. Com o novo modelo atômico, proposto por Thomson, esses fenômenos foram melhor explicados.

Após descobrir os elétrons, Thomson concluiu que eles eram uma parte constituinte do átomo. Então ele propôs um novo modelo atômico. Diferentemente do que acreditavam Demócrito, Leucipo e Dalton o átomo não era indivisível. De acordo com o modelo de Thomson o átomo é uma esfera carregada positivamente com partículas negativas (os elétrons) incrustadas, como um pudim (parte positiva) com passas (parte negativa - elétrons).

O modelo atômico proposto por Thomson foi aceito por alguns anos pela comunidade científica, até que Rutherford, no início do século XX, ao concluir alguns estudos, propôs um novo modelo que se tornou mais aceito. Veremos essa evolução em um próximo texto.

APÊNDICE B – TEXTO 2 - EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS: DO PUDIM DE PASSAS AO MODELO DE BOHR

Evolução dos Modelos Atômicos: do pudim de passas ao modelo de Bohr

Vimos no texto da aula passada, que até o final do século XIX o modelo atômico cientificamente aceito era o proposto por Thomson, que consistia em uma esfera carregada positivamente com partículas negativas incrustadas nela. No início do século XX, em um experimento, Rutherford e sua equipe bombardearam uma lâmina de ouro muito fina com partículas alfa (que são partículas radioativas que não podem ser vistas e possuem carga positiva), como mostra a imagem abaixo.

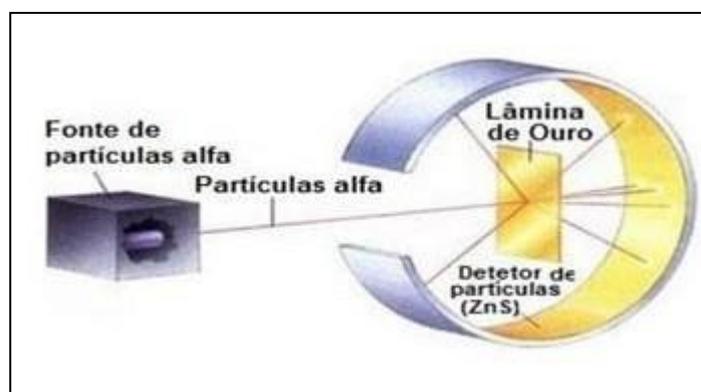


Figura 1: Esquema do experimento de Rutherford com partículas alfa. Fonte: Fagoça, 2014.

Durante o experimento, foi possível perceber que:

1. A maioria das partículas atravessava a fina lâmina de ouro;
2. Uma pequena parte das partículas era desviada de sua trajetória e;
3. Uma pequena parte das partículas era ricocheteada.

As partículas não podiam ser vistas, mas era possível detectar seu comportamento porque ao passarem pela placa de ouro e colidirem com a placa de material fosforescente que estava em volta da placa de ouro elas emitiam luz.

Rutherford pôde perceber então que, diferentemente do que propunha o modelo de Thomson, o átomo não seria uma esfera de carga positiva incrustada de elétrons. Com base em seu experimento ele deduziu que as partículas que ricocheteavam tinham esse comportamento porque colidiam com outras partículas positivas e eram repelidas. Algumas se desviavam porque apenas se aproximavam de outras partículas positivas. A maior parte, a que atravessou a lâmina, teve esse comportamento porque de alguma forma encontrou passagem. Mas, como?

Rutherford concluiu que o átomo teria então uma pequena região mais densa onde estariam partículas concentradas, já que apenas uma pequena parte das partículas alfa era ricocheteada. Também deduziu que esta parte mais densa do átomo, a qual chamou de núcleo, possui partículas positivas, já que parte das partículas alfa (também positivas) tinha sua trajetória desviada, o que se explica pela repulsão de cargas semelhantes. Essas partículas do núcleo foram chamadas de prótons.

Rutherford também deduziu que a região menos densa do átomo deveria possuir espaços vazios que permitiriam a passagem das partículas alfa. Nessa região, deduziu que ficariam os elétrons, girando em órbitas ao redor do núcleo. Chamou essa região de eletrosfera. Rutherford concluiu também que a maior parte da massa do átomo está concentrada no núcleo e que ele é muito pequeno, o que o torna muito denso.

Embora explicasse muito bem a estrutura do átomo, o modelo atômico proposto por Rutherford não era perfeito. Por exemplo, o seu modelo não

consequia explicar a movimentação dos elétrons. Se eles ficassem parados, seriam atraídos para o núcleo. Se estivessem em movimento, perderiam energia e também seriam atraídos para o núcleo.

Foi Bohr que, alguns anos depois, propôs então um novo modelo atômico, que na verdade é o modelo de Rutherford aperfeiçoado, em que os elétrons estariam distribuídos em níveis de energia e nesses níveis se movimentariam sem perda energética. De acordo com esse modelo, o átomo possui até sete níveis de energia. Ao ganhar ou perder energia os elétrons mudam de um nível para o outro. Nos níveis mais próximos do núcleo a energia é menor e nos níveis mais distantes a energia é maior.

De lá pra cá, houve algumas alterações no modelo atômico, aperfeiçoando-o a medida que novas tecnologias permitiram realizar novas descobertas. No entanto, o modelo de Rutherford aperfeiçoado por Bohr é a base do modelo atômico atual, onde o átomo é constituído por diversas outras partículas subatômicas, e não mais entendido como a parte indivisível da matéria, como propunham os primeiros pensadores Leucipo e Demócrito ou o cientista Dalton.

ANEXO A – HISTÓRIA EM QUADRINHO DO CAPTAIN ATOM

CHARLTON COMICS GIVE YOU MORE!



CAPTAIN ATOM

MEET CAPTAIN ADAM... THE AIR FORCE CAREER MAN WHO KNEW MORE ABOUT ROCKETS, MISSILES, AND THE UNIVERSE THAN ANY MAN ALIVE... A SPECIALIST OF THE MISSILE AGE, A TRAINED, DEDICATED SOLDIER WHO WAS A PHYSICS PRODIGY AT EIGHT, A CHEMIST, A BALLISTICS GENIUS! IN SHORT, CAPTAIN ADAM WAS AN INVALUABLE SPACE-AGE SOLDIER EVEN BEFORE THAT MEMORABLE DAY AT CAPE CANAVERAL, FLORIDA, WHEN AN ATLAS MISSILE WAS BEING READIED FOR BLAST-OFF... WITH AN ATOMIC WARHEAD INSIDE... AND CAPTAIN ADAM MAKING THE FINAL LAST-SECOND ADJUSTMENTS!

3 MINUTES TO BLAST-OFF!

DROPPED THE SCREW DRIVER!

I'VE GOT TO GET IT OUT!

ONE MINUTE TO BLAST-OFF! CAPTAIN ADAM, REPORT TO CONTROL AT ONCE!

30 29 28 27 26 25

IT TAKES A FULL MINUTE TO SQUIRM OUT OF HERE! IT LOOKS AS THOUGH I'M GOING FOR A LONG, FAST RIDE!

GENERAL, WAIT! CAPTAIN ADAM IS STILL IN THE ROCKET!

STO--OH, NO! IT'S TOO LATE!

5694

SPACE ADVENTURES

FOR A LONG, TIMELESS SECOND... THE ATLAS RESTED ON THE LAUNCHING PAD... THEN, SLOWLY AT FIRST, BEGAN TO RISE...



IT CAN'T BE TOO LATE! THE BEST OFFICER IN THE AIR FORCE IS IN THERE!



THERE SHE GOES!

WHAT OF THE MAN INSIDE?



GREAT WEIGHT PRESSING DOWN ON ME--

COULD CAPTAIN ADAM SURVIVE THE TERRIFIC ACCELERATION?



BLACKING OUT!

COULD HUMAN BONE AND TISSUE TAKE THE TREMENDOUS HEAT BEING GENERATED IN THE GREAT NOSE CONE?



ON THE GROUND, THEY WERE AWARE AT LAST THAT CAPTAIN ADAM WAS HEADED FOR SPACE... AND AN EVEN WORSE FATE!



THE ATLAS JUST LAUNCHED CONTAINS AN ATOMIC WARHEAD, SERGEANT! IT IS PRESET TO EXPLODE IN SPACE! WE CANNOT STOP IT NOW!

CONTINUED AFTER FOLLOWING PAGE

SPACE ADVENTURES

AN ATOMIC EXPLOSION AND HE'LL BE IN THE MIDDLE OF IT! WHY DID IT HAVE TO BE CAPTAIN ADAM..?



THE HEAT GENERATED BY THE ATLAS AS IT ACCELERATED TO 20,000 MPH WAS UNBEARABLE! THE PERSPIRATION ON CAPTAIN ADAM'S FACE DRIED... THE MOISTURE IN HIS BODY VANISHED!



THE DENSE TROPOSPHERE GAVE WAY 10 MILES OUT TO THE THINNER STRATOSPHERE... THEN, AT 50 MILES, THE ATLAS WAS IN THE IONOSPHERE!



AT 300 MILES ABOVE EARTH, THE ATOMIC WARHEAD WAS SET TO EXPLODE...

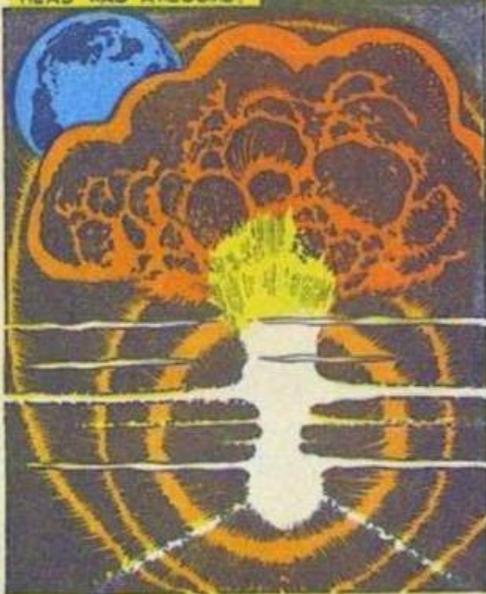


THEN, PRECISELY ON SCHEDULE, THE WARHEAD IN THE ATLAS NOSE CONE WAS TRIGGERED...



CHARLTON COMICS GIVE YOU MORE!

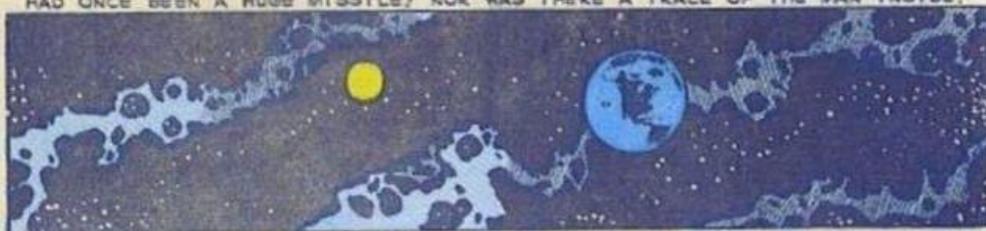
THERE WERE NO WITNESSES EXCEPT THE GIANT TELESCOPES ON EARTH... THE SPACE EXPLOSION OF THE ATOMIC WAR-HEAD WAS AWESOME!



AT THE INSTANT OF FISSION, CAPTAIN ADAM WAS NOT FLESH, BONE AND BLOOD AT ALL... THE DESICCATED MOLECULAR SKELETON WAS INTACT BUT A CHANGE, NEVER KNOWN TO MAN, HAD TAKEN PLACE!



NOTHING... ABSOLUTELY NOTHING... WAS LEFT TO MARK THE EXISTENCE OF WHAT HAD ONCE BEEN A HUGE MISSILE! NOR WAS THERE A TRACE OF THE MAN INSIDE!



HE WAS A GOOD AIRMAN, A FINE MAN!



GENERAL, THERE'S NO CHANCE, IS THERE?

HE'S GONE, SERGEANT! ACCEPT THAT FACT... CAPTAIN ADAM IS NO MORE!



SPACE ADVENTURES



THREE MINUTES LATER...



CHARLTON COMICS GIVE YOU MORE!

UNKNOWN TO GENERAL EISING, A NEWSPAPER REPORTER HAD LEARNED ABOUT AN AIRMAN'S PRESENCE IN THE ATLAS MISSILE... AND KNEW HE'D DIED IN THE ATOMIC BLAST!

THAT'S RIGHT, MIKE! HE WAS IN THE ATLAS CARRYING THE WARHEAD WHEN IT BLASTED OFF!



IF THE PAPERS EVER LEARN THAT CAPTAIN ADAM IS VERY MUCH ALIVE, THEY'D... THEY'LL NEVER LEARN ABOUT HIM! THE EXISTENCE OF CAPTAIN ADAM WILL BE THE NATION'S MOST CLOSELY GUARDED SECRET!



YOU GLOW LIKE A LIGHT BULB, ADAM! ARE YOU SURE YOU'RE NOT RADIO-ACTIVE?

I'M POSITIVE, SIR! THIS DIULUSTEL SHIELDING WORKS! THE MATERIAL CONVERTS THE ESCAPING RAYS TO ANOTHER FREQUENCY IN THE LIGHT SPECTRUM--I'M SAFE NOW!



I'VE GOT POWERS, GENERAL, POWERS THAT NO MAN EVER HAD BEFORE! IF YOU'LL CALL IN YOUR TOP BRASS, I'LL DEMONSTRATE FOR ALL OF YOU!

I'LL INVITE ONLY THE KEY MEN!



SPACE ADVENTURES

THE CHIEF OF STAFF CAME... THE ATOMIC ENERGY COMMISSION WAS ON HAND... AND THE PRESIDENT'S TOP MILITARY AIDE COMPLETED THE TINY GROUP PRESENT AT CANNONBALL THAT MEMORABLE MORNING!

GEN- TLEMAN, THIS IS CAPTAIN ADAM! YOU TAKE OVER FROM HERE...

VERY WELL, GEN- ERAL! GENTLEMAN, I WILL DEMON- STRATE THE POWERS I'VE ACQUIRED!

FIRST, THE CLOTHES I WEAR... THEY DIS- APPEAR WHEN I PERMIT AD- DITIONAL RADIATION TO BURN THEM AWAY...

... LIKE THIS! NEXT, THE RADIATION IS CON- VERTED... AN INFINITES- IMAL AMOUNT OF BODY MATTER SERVES TO



THEY'D SEEN ENOUGH... EACH MAN WROTE HIS REPORT... THE FOLLOWING DAY, CAPTAIN ADAM WAS ORDERED TO REPORT TO THE WHITE HOUSE!

CHARLTON COMICS GIVE YOU MORE!

THE PRESIDENT WATCHED A PRIVATE DEMONSTRATION OF CAPTAIN ADAM'S POWERS...

...AND DECELERATE INSTANTLY, MR. PRESIDENT! I CAN TRAVEL ANYWHERE ON EARTH IN A MATTER OF MINUTES!

AMAZING! I HAVE STUDIED THE REPORTS ON YOU WITH GREAT INTEREST! YOU, MORE THAN ANY OTHER WEAPON, WILL SERVE AS A DETERRENT OF WAR! THEY MUST NOT LEARN ABOUT YOU!

THIS WAS ESPECIALLY MADE FOR YOU...

PRESENTLY... THE MILITARY FILES--BUT YOUR CODE NAME WILL BE CAPTAIN ATOM!

CAPTAIN ADAM WILL BE YOUR NAME IN THE MILITARY FILES--BUT YOUR CODE NAME WILL BE CAPTAIN ATOM!

VERY WELL, MR. PRESIDENT!

AT THAT MOMENT, AT CAPE CANAVERAL, AN INTERCONTINENTAL BALLISTIC MISSILE WAS BEING READIED FOR FIRING...

YOU'VE CHANGED THE STEERING ROCKETS, COVRADE?

THIS MISSILE WAS SCHEDULED TO EXPLODE HARMLESSLY AT SEA! BUT, ACCORDING TO OUR ORDERS...

I'VE ALTERED THE SETTINGS! THE MISSILE WILL LAND ON OUR OWN HUGE INDUSTRIAL COMPLEX; IT WILL WIPE IT OUT!

WHEN THE MISSILE DESTROYS OUR CITY, IT WILL FURNISH THE EXCUSE HE WANTS TO BEGIN A TOTAL WAR!

SIR, WE CAUGHT TWO SABOTEURS IN THE INSTRUMENT-SETTING SECTION!

THE MISSILE IS OFF COURSE --HEADED ON A COURSE THAT WILL CAUSE IT TO EXPLODE OVER THEIR TERRITORY!

CONTINUED AFTER FOLLOWING PAGE

CHARLTON COMICS GIVE YOU MORE!

S.A.C. BASES WERE ALERTED, THE BOMBERS WERE READIED FOR TAKE-OFF--TOTAL WAR WAS MINUTES AWAY! AND THE WHITE HOUSE WAS INFORMED BY DIRECT WIRE!

MR. PRESIDENT, A JUPITER MISSILE WAS SABOTAGED AND IS HEADED FOR THEIR TERRITORY! IT CARRIES A HYDROGEN WARHEAD.

IT MUST BE STOPPED!



I'LL STOP IT, MR. PRESIDENT!



I'M IN TIME..



..DETONATE THE WARHEAD!

LATER...MINUTES LATER!

MISSION ACCOMPLISHED, MR. PRESIDENT! WAR HAS BEEN AVERTED!

THE ENTIRE WORLD IS GRATEFUL, CAPTAIN ATOM! WITH YOUR HELP, PERHAPS ALL OF US CAN LIVE IN A WORLD AT PEACE!



LET US KNOW IF YOU WANT TO SEE MORE OF CAPTAIN ATOM... WRITE TO US AT "CHARLTON COMICS, CHARLTON BUILDING, DERBY CONN."

END