



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
CAMPUS PATOS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

ALESSANDRA DE LUCENA PEREIRA

**O MODELO ATÔMICO DE RUTHERFORD EM HISTÓRIA EM QUADRINHOS:
UMA ESTRATÉGIA PARA O ENSINO DE FÍSICA**

PATOS - PB
2025

ALESSANDRA DE LUCENA PEREIRA

**O MODELO ATÔMICO DE RUTHERFORD EM HISTÓRIA EM QUADRINHOS:
UMA ESTRATÉGIA PARA O ENSINO DE FÍSICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – *Campus* Patos, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Ensino de Ciências e Matemática.

Orientador: José Fernando de Melo

**PATOS - PB
2025**

ALESSANDRA DE LUCENA PEREIRA

**O MODELO ATÔMICO DE RUTHERFORD EM HISTÓRIA EM QUADRINHOS:
UMA ESTRATÉGIA PARA O ENSINO DE FÍSICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – *Campus* Patos, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Ensino de Ciências e Matemática.

APROVADO EM: 31/10/2025

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. José Fernando de Melo - Orientador
Secretaria do Estado da Educação da Paraíba

Profª. Dra. Hannah Dora de Garcia e Lacerda- Examinadora
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba

Prof. Me. Pablo Francisco Honorato Sampaio - Examinador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CAMPUS PATOS/IFPB

P436m Pereira, Alessandra de Lucena.

O modelo atômico de rutherford em história em quadrinhos:
uma estratégia para o ensino de física / Alessandra de Lucena
Pereira. - Patos, 2025
45 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ensino de
Ciências e Matemática)-Instituto Federal da Paraíba, Campus
Patos-PB, 2025.

Orientador(a): Profº. José Fernando de Melo.

1. Modelo Atômico de Rutherford 2. Histórias em quadrinhos
(HQs)-Ensino de Física 3. Física I. Título II. Melo, José Fernando
de III. Instituto Federal da Paraíba.

CDU –53

Dedico este trabalho à minha mãe, que sempre esteve ao meu lado, com todo seu apoio e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus, por me guiar durante todo o curso e possibilitar a realização deste trabalho, pois sem a sua intervenção não teria conseguido.

À minha mãe, Vera Lúcia, por toda dedicação.

Ao meu namorado, Moacy Leitão, por todo seu apoio, motivação e perseverança durante toda minha trajetória.

À minha família por todo o apoio.

Ao prof. José Fernando de Melo pela orientação, que me guiou durante todo esse processo, com muita dedicação, perseverança e paciência, sempre me motivando e auxiliando em tudo. Suas valiosas contribuições foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho, que serviu como grande aprendizado para minha formação. Seguirei todos os ensinamentos aqui aprendidos.

Aos meus colegas, que conheci durante o curso.

À coordenadora do curso, Hannah Dora, por toda sua dedicação.

Enfim, agradeço aos meus familiares, professores e colegas que fizeram parte deste processo.

RESUMO

O ensino de Física na Educação Básica enfrenta desafios significativos, especialmente no que se refere à compreensão conceitual e ao engajamento dos estudantes. Essas dificuldades decorrem, em grande parte, de abordagens centradas na memorização de fórmulas e da ausência de contextualização dos fenômenos físicos. Uma alternativa promissora é a interdisciplinaridade, capaz de problematizar conteúdos, estimular o raciocínio e articular diferentes áreas do conhecimento. Nesse sentido, o presente trabalho propõe a integração entre Ciência e Arte, por meio do uso de histórias em quadrinhos (HQs) associadas à História da Ciência (HC), como estratégia de problematização no ensino de Física. O objetivo é apresentar uma HQ voltada ao estudo do modelo atômico de Rutherford, explorando tanto a construção histórica do conhecimento científico quanto os conceitos físicos envolvidos. A pesquisa, de natureza bibliográfica, fundamenta-se no livro *História da Ciência Ilustrada*, de Santos e Baldinato, e empregou a Inteligência Artificial (ChatGPT) para a criação das imagens e cenários. A narrativa foi elaborada sob uma perspectiva crítica da HC, destacando o episódio histórico do modelo de Rutherford como um processo contextualizado, sujeito a debates e reformulações. O material produzido busca apoiar a prática docente, tornando conceitos abstratos mais visuais e acessíveis, além de promover o pensamento crítico sobre o desenvolvimento da Ciência. Por fim, a proposta evidencia o potencial das HQs como recurso pedagógico inovador para o ensino de Física, passível de adaptação a diferentes contextos educacionais.

Palavras-chave: Ensino de Física; História das Ciências; Modelo Atômico de Rutherford, História em Quadrinhos; Inteligência Artificial.

ABSTRACT

Physics teaching in Basic Education faces significant challenges, particularly regarding students' conceptual understanding and engagement. These difficulties largely arise from approaches centered on the memorization of formulas and the lack of contextualization of physical phenomena. An effective alternative is interdisciplinarity, which allows for problematizing content, stimulating reasoning, and connecting different areas of knowledge. In this context, the present work proposes the integration of Science and Art through the use of comic books (HQs) associated with the History of Science (HC) as a strategy for problematizing Physics teaching. The main objective is to present a comic book designed for the study of Rutherford's atomic model, exploring both the historical construction of scientific knowledge and the physical concepts involved. This bibliographic research is based on the book *História da Ciência Ilustrada* by Santos and Baldinato and employed Artificial Intelligence (ChatGPT) for creating images and scenarios. The narrative was developed from a critical perspective of the History of Science, emphasizing Rutherford's atomic model as a contextualized process subject to debates and reformulations. The material produced aims to support teachers by making abstract concepts more visual and accessible, while promoting critical thinking about the development of Science. Finally, the proposal highlights the potential of comic books as an innovative pedagogical resource for Physics teaching, adaptable to different educational contexts.

Keywords: Physics Education; History of Science; Rutherford model; Comic books; Artificial Intelligence.

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 8 |
| 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA..... | 12 |
| 2.1 | A HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS NO ENSINO..... | 12 |
| 2.1.1 | A História das Ciências nos quadrinhos..... | 14 |
| 2.2 | CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA DOS MODELOS ATÔMICOS..... | 16 |
| 2.2.1 | Ernest Rutherford e o modelo atômico nuclear..... | 19 |
| 2.2.2 | O modelo atômico de Rutherford | 20 |
| 3 | MÉTODOS..... | 26 |
| 3.1 | O MATERIAL CONFECCIONADO: A PRODUÇÃO DOS QUADRINHOS..... | 26 |
| 3.2 | A PROPOSTA PARA SALA DE AULA..... | 29 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 31 |
| 5 | CONCLUSÃO..... | 33 |
| | REFERÊNCIAS..... | 34 |
| | APÊNDICE A – Os quadrinhos criados | 40 |
| | APÊNDICE B – Sequência didática..... | 41 |

1 INTRODUÇÃO

O ensino de Física tem enfrentado diversos desafios na Educação Básica, especialmente na forma descontextualizada com que os conceitos são frequentemente apresentados nas escolas. Isso pode ocasionar, por exemplo, a desmotivação, a falta de interesse dos estudantes pela disciplina e, em casos mais amplos, pelo conhecimento científico como um todo. Esses problemas são agravados pela ainda excessiva utilização de fórmulas e equações, que incentivam os estudantes à memorização algébrica em detrimento de uma investigação mais aprofundada dos fenômenos físicos propriamente ditos. Segundo Moreira, isso acontece porque “o ensino da Física é muito focado na aprendizagem mecânica, na preparação para as provas, mas deveria se ocupar da aprendizagem significativa da Física” (Moreira, 2021, p.01). Esse cenário exige a adoção de estratégias didáticas que promovam o entendimento contextualizado e significativo dos conteúdos, valorizando o senso crítico e a articulação com a realidade dos estudantes.

Dentre as práticas inovadoras que podem combater estes problemas, destaca-se a interdisciplinaridade, de maneira a “ser entendida como a integração entre diferentes disciplinas ou áreas de conhecimento para abordar questões complexas de forma mais abrangente e eficaz” (Jesus; Guerra; Pereira, 2024, p. 05), tornando-se uma possibilidade capaz de contribuir para as Ciências, especialmente para a Física. Uma dessas áreas é a Arte, defendida pela estreita relação em que “artistas e cientistas (ou filósofos naturais) percebem o mundo fazendo uso de sua criatividade, apenas representam-no com linguagens diferentes” (Reis; Guerra; Braga, 2006, p.72).

Nessa perspectiva, mesmo que de forma intrínseca, a Arte tem influenciado os cientistas ao longo da história, sobretudo ao estimular a observação detalhada, a visualização e a representação de fenômenos complexos, além de oferecer métodos de expressão para a comunicação científica (Oliveira; Moreira, 2014). Desse modo, a Arte é inserida neste contexto como um instrumento de visualização e comunicação — abordagem que adotaremos em nossa proposta.

Ao longo da história, diversos cientistas recorreram à Arte como forma de comunicar e representar suas ideias. Galileu, Pisanello, Leonardo da Vinci, entre outros, utilizavam ilustrações e esboços para registrar experimentos, expressar conceitos e explorar hipóteses, evidenciando a relação intrínseca entre Arte e Ciência. Como manifestação humana, a Arte possibilita múltiplas formas de comunicação, por meio das quais transmitimos ideias, pensamentos, histórias, visões de mundo e modos de representar a realidade (Reis; Guerra; Braga, 2006).

Entre essas manifestações, destacamos as Histórias em Quadrinhos (HQs), um recurso artístico como possibilidade de estimular a participação e o interesse dos estudantes no estudo da

Física. As HQs favorecem a investigação de fenômenos, a problematização de conceitos e a construção significativa do conhecimento científico.

De acordo com vários autores (Corrêa; Malaquias, 2022; Testoni; Abib, 2003), através dos quadrinhos podemos divulgar a Ciência, problematizar o conhecimento e contextualizar discussões sobre conceitos e teorias científicas a nível de Ensino Fundamental e Médio. Além disso “por integrar imagem e texto de modo sintético, a linguagem das HQs tem sido um recurso útil para explicar temas científicos complexos” (Fioravanti; Andrade; Marques, 2016, p. 1192), principalmente para divulgar a HC. Entretanto, Camargo e Silva (2017, p.134) alertam que:

Embora manifestações desse gênero tragam para as salas de aula um caráter mais lúdico, fazendo uso de uma linguagem mais informal combinada a elementos ilustrativos para apresentação de conceitos muitas vezes tidos como maçantes e de difícil compreensão e atuem como um meio de comunicação entre educador e educando, é necessário atentar-se para como as concepções de ciência e do “ser” cientista presentes nas histórias ou tiras em quadrinhos influenciam o modo como os alunos incorporam essas concepções em sua própria visão de mundo.

Nesse contexto, apresentamos a seguinte questão de pesquisa: “Como investigar e contextualizar temas de Física integrando as HQs com a HC no Ensino Médio?”. Na busca por respostas elaboramos uma proposta didática de ensino tendo como base o livro intitulado “História da Ciência Ilustrada”, de Santos e Baldinato (2024), além do uso da Inteligência Artificial (IA) do ChatGPT na elaboração das imagens e cenários do material produzido.

Dessa forma, o ChatGPT será utilizado como ferramenta de apoio à elaboração do material de apoio ao professor, interdisciplinar e que integra Física, HC e Linguagem Visual (HQs/ilustrações). Por meio da IA, será possível gerar rascunhos de roteiros de quadrinhos, cenários visuais e personagens, o que pode auxiliar a produção de recursos criativos mesmo na ausência de habilidades artísticas ou de software gráfico avançado. Essa estratégia está em consonância com pesquisas recentes (Fonseca; Campligla, 2023; Heggler; Szmoski; Miquelin, 2025) que apontam o papel das IAs generativas no planejamento de aulas, no apoio à docência e no desenvolvimento de materiais educativos acessíveis. O uso de ChatGPT, portanto, deve ser entendido como um processo de “co-design” entre professor (ou pesquisador) e IA: o professor elabora os “prompts” com base em seu conhecimento pedagógico e conceitual, avalia criticamente os resultados gerados e ajusta o material final de modo a garantir a fidelidade científica e a adequação didática.

Tendo em vista essa perspectiva, iniciamos a construção da proposta pela escolha de um episódio histórico bem fundamentado, associado a estratégias que problematizem sua investigação para os estudantes. Nessa abordagem, Corrêa e Malaquias (2022, p.04), enfatizam que “o uso de histórias em quadrinhos para trabalharmos a HC é uma estratégia eficaz para

melhorar a compreensão histórica dos fatos científicos”. Por estar presente no cotidiano dos estudantes, as HQs representam um meio de comunicação que pode influenciar a formação do público (Testoni; Abib, 2003). Como ressalta Oliveira (2020, p. 10):

Nos dias atuais, as histórias em quadrinhos vêm informando, divertindo e educando aqueles que gostam desta arte, e isto já acontece a um bom tempo. Por se tratar de um meio de comunicação que pode ser acessível a um grande eixo de indivíduos, além de que o mesmo pode ser usado como ferramenta de diversão e ao mesmo tempo de aprendizagem.

Diante disso, a escolha dos quadrinhos surgiu na expectativa de trazer uma estratégia que possibilite a compreensão e aprendizagem dos estudantes, de modo interdisciplinar, associando as HQs à história da Física, incentivando a participação, o senso crítico e o interesse dos estudantes para a disciplina, assim como pelo conhecimento científico. Dessa forma, as HQs podem contribuir para a prática de ensino e desenvolvimento de habilidades presentes na BNCC, por exemplo, ao:

[...] criar condições para que os estudantes possam explorar os diferentes modos de pensar e de falar da cultura científica, situando-a como uma das formas de organização do conhecimento produzido em diferentes contextos históricos e sociais, possibilitando-lhes apropriar-se dessas linguagens específicas [...] (Brasil, 2017, p.537).

Por sua vez, a HC, segundo Martins e Buffon (2017, p.421):

[...] emerge como um campo de possibilidades para se compreender o processo de construção do conhecimento científico. Ao se ensinar a história da Física é possível e aconselhável que sejam apresentados aos estudantes diferentes interpretações de fenômenos e problemas para que adotem uma postura crítica que os levem a pensar, argumentar e se posicionar, assumindo assim um caráter ativo e reflexivo frente ao conhecimento.

Um episódio da HC com grande potencial para explorar esses aspectos é o relacionado ao modelo atômico de Rutherford. Esse episódio pode permitir a investigação de características do desenvolvimento do conhecimento científico de forma acessível para os estudantes, apresentando a participação de diferentes agentes no processo de construção do conhecimento da Ciência, a influência do contexto e a criatividade na elaboração de modelos científicos.

Segundo (Melo, 2014), a análise de aspectos da HC no desenvolvimento do modelo de Rutherford, não apenas contribui para a compreensão de uma interpretação para o interior da matéria, como também “representa uma oportunidade para a discussão de conceitos que abriram as portas para a Física Moderna, de maneira contextualizada e significativa nas aulas” (Melo, 2014, p.75).

Assim como outros modelos existentes, o modelo de Rutherford trouxe uma grande contribuição nos estudos que envolviam a estrutura da matéria, com a identificação do núcleo atômico, sugerindo a existência de uma partícula neutra.

Nesses estudos “Rutherford concluiu que o átomo consistiria em um núcleo muito pequeno, positivamente carregado, rodeado por uma nuvem de elétrons (em forma de esfera e não de disco, como no modelo saturniano)” (Correia, 2021, p. 19). Isso contribuiu para a construção de novos estudos, assim como novos modelos, a fim de explicar a estrutura da matéria. Por outro lado, o modelo passou também por problemas técnicos, erros, rejeições e um contexto rico de discussões interpretativas.

A partir desses aspectos, surgiu a iniciativa de trazer a história do episódio para problematizar a investigação de fenômenos, teorias e conceitos físicos, buscando contribuir para a compreensão da natureza e para a investigação de aspectos importantes da construção do conhecimento científico, assim como para o aprendizado dos estudantes. Ao recorrer à HC no ensino de Física, “pode-se abrir um leque de possibilidades e estratégias de ensino rumo a uma concepção integradora, trazendo algumas características da ciência que não são abordadas no ensino tradicional” (Rouxinol; Pietrocola, 2004, p. 01).

Diante disso, surgiu a motivação desta proposta, com a busca por estratégias que melhorem e problematizem o ensino de Física nas escolas, para que possamos despertar o interesse dos estudantes para a Ciência, auxiliando na compreensão de conceitos e fenômenos, e entender características do desenvolvimento científico.

Nossa intenção não é trazer uma pesquisa inédita sobre os estudos históricos acerca dos modelos atômicos. Na verdade, já existem muitos trabalhos importantes e detalhados sobre eles (Marques; Caluzi, 2003; Lopes, 2009, Melzer; Aires, 2015, entre outros). O que nós pretendemos é desenvolver uma proposta problematizadora sobre um modelo em específico para auxiliar o professor a trabalhar os modelos atômicos com os estudantes de Ensino Médio. Dessa forma, nosso objetivo principal é apresentar uma HQs sobre o modelo de Rutherford como recurso didático para investigar características da construção do conhecimento científico e ao mesmo tempo discutir conceitos físicos. Tentamos, com esse material, levar aos estudantes uma investigação lúdica sobre a Física por meio da HC e da utilização de quadrinhos para narrar episódios históricos por fontes seguras.

Como primeiro passo da pesquisa, foi realizada uma investigação do episódio histórico do modelo de Rutherford, baseada em fontes secundárias de historiadores da Ciência. Em seguida, estudamos o uso das HQs no ensino de Física e estratégias metodológicas de como utilizá-las com HC. Também investigamos formas de produzir os quadrinhos e optamos pelo

uso da IA do ChatGPT, pois pode ser utilizada de forma gratuita pelos professores sem muitas dificuldades, mostrando-se uma opção viável. O resultado dessa produção é apresentado no **apêndice A** deste trabalho, estando sujeito a ajustes e aperfeiçoamentos, que visem aprimorar seu uso em sala de aula. Nos textos que seguem, apresentamos a fundamentação teórica da pesquisa, abordando considerações sobre HC no ensino aliada aos quadrinhos, e o estudo do episódio do modelo atômico de Rutherford. Posteriormente, discutimos a construção do material (métodos), uma proposta para sala de aula com orientações para o professor, resultados e discussões, e por fim, algumas considerações sobre o trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS NO ENSINO

Diversos estudos realizados ao longo de décadas (Matthews, 1994; Martins, 2007; Vital; Guerra, 2017) destacam a relevância da HC para o ensino de Ciências por vários motivos, tais como: compreensão mais aprofundada dos conceitos científicos, desenvolvimento do pensamento crítico, aproximação da Ciência da realidade dos estudantes, promoção da alfabetização científica da natureza da Ciência, interdisciplinaridade, motivação e engajamento.

Segundo Vital e Guerra (2017), a HC pode nos ajudar a compreender diversos aspectos sobre seu início, conceitos e formalização, assim como o entendimento da própria humanidade, buscando aspectos do conhecimento científico que podem problematizar o estudo da Ciência e despertar o interesse e indagação sobre diversos fatores científicos e extra científicos de sua construção, como teorias, descobertas, métodos e influência econômica, que nos fazem compreender sobre nossa história e, conseqüentemente características da construção da própria Ciência.

Todavia, apesar de suas contribuições, é importante destacar que a HC, mesmo sendo mediadora na aprendizagem das Ciências, não se torna método de ensino, mas sim provedora de recursos que são provenientes da reflexão sobre este processo, fazendo parte da construção do conhecimento científico, necessitando de estratégias para sua utilização e uma preparação bem fundamentada (Saito, 2010).

Para que tudo isso ocorra, a HC, ao ser implementada no ensino, deve contribuir para que os estudantes compreendam a construção da Ciência como um processo falível, sujeito a refutações a qualquer momento, especialmente ao abordar descobertas que contribuíram e ainda contribuem para a Ciência Moderna. Isso ocorre porque tais descobertas resultam de grandes pesquisas realizadas por diversos cientistas que, além de acertos, também podem cometer erros

e ser influenciados por uma série de fatores que muitas vezes não são estudados por nós e podem afetar diretamente vários setores da sociedade, como menciona Martins (2006, p.21-22):

[...] O estudo adequado de alguns episódios históricos permite compreender as interrelações entre ciência, tecnologia e sociedade, mostrando que a ciência não é uma coisa isolada de todas as outras, mas sim faz parte de um desenvolvimento histórico, de uma cultura, de um mundo humano, sofrendo influências e influenciando por sua vez muitos aspectos da sociedade.

Para isso, este estudo deve ser minucioso e deve ser capaz de trazer para o estudante o entendimento mais amplo do conhecimento científico. Por isso, a investigação dos episódios históricos precisa ser baseada em fontes seguras que visam a veracidade dos fatos para serem estudados na sala de aula. Esse estudo pode contribuir na construção do conhecimento do estudante, que pode perceber a natureza da Ciência de forma mais concreta e reflexiva, entendendo suas limitações e procedimentos, denotando uma formação crítica sobre a Ciência (Martins, 2006).

Nessa perspectiva, estudar a HC, principalmente no ensino de Física, pode ajudar na contextualização da disciplina, buscando a motivação e o interesse por meio dela, investigando as transformações que a Ciência sofreu ao longo dos séculos. Conforme apontado por Barros e Carvalho (1998, p. 83):

É consenso entre a maioria dos professores e pesquisadores em ensino de Física que a utilização da História da Ciência como uma ferramenta para promover a construção dos conhecimentos científicos em sala de aula têm apontado um parentesco entre as concepções alternativas dos estudantes e os modelos científicos que predominaram em determinado período histórico nos mais diversos campos do conhecimento.

Contudo, trazer a HC, por meio de uma abordagem problematizada para as aulas, “vai depender da concepção que se têm de Ensino de Ciências” (Pessoa Jr, 1996, p.04), na qual poderá ser utilizada para investigar algum conceito ou teoria da Física ou outra área da Ciência, que possam usufruir desta abordagem na disciplina, para torná-la mais atrativa e contextualizada para o estudante. Desta forma, destacamos que a HC pode ser uma alternativa com grandes possibilidades. “Mas, além de ajudar no aprendizado, a HC também pode ajudar os estudantes a entenderem para que estudar ciências” (Pessoa Jr, 1996, p.04). Isso pode trazer resultados positivos no entendimento da Ciência como um empreendimento humano, mostrando como ela é de fato, “assim como também considerar o contexto histórico, filosófico e cultural em que a prática científica tem lugar” (Silva, 2006, p.04), estimulando o senso crítico do estudante que pode passar a perceber a Ciência como parte da sociedade.

Todavia, abordar tais características da HC no ensino de Física representa desafios significativos, exigindo a elaboração de estratégias didáticas que apoiem o trabalho docente e viabilizem a inserção efetiva dos conteúdos no contexto escolar. Nesse sentido, uma proposta promissora é o uso das HQs como recurso pedagógico, que será discutido no tópico a seguir.

2.1.1 A História da Ciência e os quadrinhos

A Ciência e a Arte têm uma intrínseca relação que, se explorada de forma interdisciplinar, pode contribuir de forma significativa para o ensino das Ciências. Segundo Corrêa e Malaquias (2022), entre as contribuições dessa articulação, destacam-se a problematização dos conteúdos, o aumento da participação, motivação e interesse dos estudantes nas aulas. Vale ressaltar que a relação entre Ciência e Arte não se iniciou recentemente e vem de um certo tempo na sociedade, desse modo essa relação atravessa séculos, “Tais discussões remontam a Aristóteles, Leonardo da Vinci, William Blake, Johann Wolfgang von Goethe, Vitor Hugo, Hermann von Helmholtz, Thomas Huxley e Werner Heisenberg, entre muitos outros” (Massarani; Moreira; Almeida, 2006, p.07).

A Arte e a Ciência estiveram e estão muito presentes na sociedade, desde a pintura e arquitetura, até outras formas de manifestações artísticas. Essa relação é mútua, fazendo com que ambas caminhem juntas e sofram influências uma da outra. Por exemplo, “Uma das primeiras manifestações que remetem à relação entre arte e ciência pode ser vista no início da constituição do pensamento grego em Pitágoras” (Sawada; Ferreira; Araujo Jorge, 2017, p.159), que refletiu na sua relação com a Matemática naquele período.

Para os autores, “A relação entre ciência e arte testemunha a reconciliação necessária ao nosso tempo, a fim de que ambas possam partilhar e contribuir com elementos essenciais ao ensino e ao desenvolvimento das sociedades” (Sawada; Ferreira; Araujo Jorge, 2017, p.158). Ao buscarmos compreender esta relação entre a Ciência e Arte encontramos semelhanças entre elas, as quais podem contribuir para o ensino das Ciências.

Como a Arte é uma forma de manifestação presente na humanidade, pode-se investigá-la como uma ferramenta para divulgar a HC de diferentes maneiras. Uma dessas formas é o uso das HQs, consideradas um tipo de Arte, para promover a HC em diferentes áreas, como a Física. Os quadrinhos podem, de forma interdisciplinar, proporcionar o interesse do estudante em querer aprender conceitos e teorias, presentes na HC, por se tratar de algo lúdico e que pode estar presente em seu cotidiano, estimulando sua participação nas aulas, na investigação e análise crítica de um fenômeno.

No âmbito do ensino, podemos entender as HQs como menciona Testoni e Abib (2003, p.01-02), através de quatro grupos pedagógicos principais:

[...] a) categoria ilustrativa, cuja principal função é representar de forma gráfica um fenômeno previamente estudado, possuindo primordialmente uma função catártica; b) categoria explicativa, que possui como principal característica a explicação integral de um fenômeno físico, abordando-o na forma de Quadrinho. Esta categoria é muito utilizada em campanhas publicitárias que almejam conscientização de grandes massas em curto espaço de tempo (gibis que abordam o efeito estufa, economia de energia elétrica, dengue, entre outros); 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.

A nossa proposta se enquadra nas categorias c e d, pois se pretende despertar nos estudantes o interesse pela disciplina, por meio da HC, a fim de apresentar o fenômeno investigado (a estrutura atômica) de forma narrativa, estimulando o pensamento crítico a respeito da Ciência.

No contexto do ensino de Física, a utilização das HQs, enquanto estratégia educacional, pode contribuir para estimular diversas habilidades, pois a partir delas,

[...] podemos entender que o desenvolvimento da prática pedagógica baseada na construção da autonomia e em experiências — envolvendo ativamente os alunos — possibilita a eles, a partir dos conhecimentos e vivências que já possuem, um ponto de partida para a construção de saberes e condições de refletir e solucionar problemas em diferentes contextos, com liberdade e senso crítico, ressignificando seu aprendizado (Silva Júnior; Bertoldo, 2020, p.682).

Nessa perspectiva, a implementação da HC aliada ao uso dos quadrinhos pode contribuir para tornar uma disciplina mais humanizada, participativa, potencializando a compreensão dos estudantes sobre a influência do contexto social no desenvolvimento do conhecimento científico. Isso pode proporcionar uma visão da Ciência com outros olhos, além de despertar o senso crítico do estudante, contribuindo na formação cultural sobre a própria Ciência. Isso também nos permite entender o contexto histórico no qual estamos inseridos, reforçando o argumento de que “há muito tempo a história e a filosofia da ciência poderiam contribuir para a melhoria do ensino de ciências naturais” (Bagdonas; Zanetic; Gurgel, 2014, p.245).

Por sua vez, os quadrinhos, como aliados na abordagem histórica, podem ajudar os estudantes a compreenderem a Ciência de forma lúdica, trazendo seus eventuais acontecimentos e influências. Segundo Testoni e Abib (2003) e Massarani; Moreira e Almeida, (2006) essa abordagem pode problematizar e resgatar os estudantes para as aulas, tornando-as

mais dinâmicas e participativas, investigando aspectos da construção que a HC é capaz de proporcionar.

Partindo para o contexto atual, estudar a HC com auxílio dos quadrinhos, pode gerar resultados positivos, especialmente para o ensino de Física, que dependendo do conteúdo, pode se tornar mais abstrata e complexa. Dessa maneira, trazer essa abordagem histórica para os estudantes pode ajudá-los a compreender e interagir mais com a disciplina, que muitas vezes é considerada excessivamente conceitual, justamente por não enxergarem sua aplicabilidade no dia a dia e por ser apresentada apenas como um conjunto de inúmeras fórmulas.

Nesse cenário, a ausência de contextualização pode dificultar a compressão dos conceitos físicos, sendo necessário propor situações de ensino que problematizem os conteúdos. Portanto, conhecer aspectos da HC pode possibilitar ao estudante compreender a importância em investigar a interpretação da Ciência sobre a natureza e entender que,

[...] é válido sabermos de onde estamos vindo com a ciência, não que ela seja contínua, muito pelo contrário, ela possui muitas rupturas pelo caminho. E recorrendo ao passado possamos visualizar com mais clareza como e porque determinado conhecimento que estudamos é produzido e para onde a ciência pode nos levar (Veloso *et al.*, 2011, p.86).

Dessa maneira, torna-se possível compreender, de forma mais clara, a sua trajetória. Nesse contexto, os quadrinhos podem ser uma estratégia relevante para articular a HC ao ensino de Física, colaborando na divulgação da própria Ciência, na Educação de forma criativa e ativa para os estudantes, especialmente por permitir que eles reflitam criticamente sobre os conhecimentos apresentados – em contraste com abordagens tradicionais centradas na memorização e na transmissão mecânica de conteúdo.

Entretanto, para que o uso dos quadrinhos como recurso didático seja efetivo na abordagem com HC, é fundamental que o conteúdo científico apresentado esteja bem contextualizado, tanto histórica quanto conceitualmente. Nesse sentido, definir e compreender o episódio histórico é essencial para a construção da proposta de ensino. Pensando nisso, apresentaremos, a seguir, uma breve descrição dos modelos atômicos, com o objetivo de contextualizar o desenvolvimento do modelo de Rutherford, destacando suas rupturas, avanços, e limitações, até a formulação da proposta feita por ele.

2.2 CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA DOS MODELOS ATÔMICOS

Durante muito tempo buscou-se entender a estrutura da matéria, assim como seus constituintes, e isso levou ao desenvolvimento de vários modelos atômicos que impactaram o conhecimento científico em diferentes períodos na história da Física, especialmente na virada

do século XIX para o século XX. De acordo com Lopes (2009), os resultados desses estudos foram fruto de uma série de investigações, como por exemplo:

Os estudos sobre radioatividade, raios catódicos, elétrons, valência, espectroscopia e efeito Zeeman desenvolvidos ao final do século XIX contribuíram para o desenvolvimento das teorias atômicas do início do século XX. Outra contribuição nesse sentido foi dada pela teoria quântica que começava a se desenvolver procurando explicar a radiação do corpo negro e que teve implicações nas propostas dos modelos atômicos de John W. Nicholson e Niels Bohr, entre outros (Lopes, 2009, p. 05).

Apesar dos estudos sobre o átomo nesta época estarem baseados em várias interpretações, a radioatividade foi o marco para as mudanças a respeito da teoria atômica. Nesse decorrer, uma forte busca sobre os fenômenos radioativos e sua interação com a matéria faziam-se presentes, tendo destaque de cientistas como, Ernest Rutherford (1871-1937), Frederick Soddy (1877-1956), Pierre (1859- 1906), Marie Curie (1867-1934) e Antonie Henri Becquerel (1852-1908), dentre outros que se dedicaram a estudar os fenômenos radioativos (Lopes, 2009). O século XX foi marcado por diversos trabalhos nessa área de estudo, que causaram impactos cruciais para mudanças na compreensão da estrutura da matéria, abrindo caminho para uma nova área da Física, a Mecânica Quântica.

Nesse contexto, várias pesquisas contribuíram para a exploração do átomo, como por exemplo, a de Wilhelm Röntgen (1845-1923), através dos estudos dos raios x, os quais ficaram conhecidos como raios de Röntgen, que ocasionaram a exploração e compreensão sobre os fenômenos atômicos. Os trabalhos de Henri Becquerel (1852-1908) também contribuíram para esta investigação e, a partir dela, cientistas como Ernest Rutherford, Frederick Soddy, Pierre e Marie Curie destacaram-se estudando radioatividade, enfrentando dificuldades técnicas e conceituais, identificando elementos químicos, além, é claro, de construírem interpretações exitosas e equivocadas (Lopes, 2009).

Nos estudos da eletricidade, importantes para a investigação do átomo, destacam-se Michael Faraday (1791-1867), George Johnstone Stoney (1826-1911) e Joseph John Thomson (1856-1940) com os raios catódicos, nos quais ele chamou de corpúsculos. Essas pesquisas geraram muito debate na época a respeito da eletricidade e constituição elétrica da matéria. Com isso, no final do século XIX, a proposição dos primeiros modelos atômicos com embasamento empírico e conceitual começa a surgir (Lopes, 2009). Como consequência desses estudos, foram construídos diversos modelos em áreas de investigação amplas, com o objetivo de tentar explicar a estrutura da matéria e chegar ao entendimento do átomo. Não foi uma tarefa fácil, pois, no contexto daquela época, limitações técnicas, apego a teorias consolidadas, equívocos de interpretação e a incorporação de novas descobertas experimentais para explicar

novos fenômenos que estavam sendo identificados contribuíram para o surgimento de um novo paradigma na Física.

Por motivo de delineamento em nossos estudos, vamos nos concentrar nesse período, do final do século XIX até o início do século XX, pois é nele que se encontram as bases para o modelo atômico de Rutherford, que será o nosso objeto de estudo. Investigaremos as contribuições desse modelo em relação ao núcleo atômico e as consequências para a Física da estrutura da matéria. Nesse período, inicialmente, um dos modelos que mais se destacou foi o atômico proposto por John Dalton (1766 – 1844), o qual em seus estudos:

[...] tinha uma preocupação: mostrar que todo o átomo é formado por uma esfera corpuscular maciça e, além disso, dotada de energia (calórico) que se manifesta pelos raios que foram representados por linhas, saindo do centro atômico (Melzer; Aires, 2015, p.67).

Isso era apenas uma de suas preocupações, essa teoria foi utilizada durante um certo tempo, conseguindo explicar alguns fenômenos atribuídos aos átomos, mas surgiram questionamentos e incoerências na explicação de situações experimentais, principalmente sobre condução elétrica e a eletrólise. Além disso, o modelo não considerava a existência de isótopos, que são átomos de um mesmo elemento com diferentes massas.

Não era apenas Dalton que investigava o átomo, vários estudos estavam sendo realizados pela Europa e em outras partes do mundo. Isso levou ao surgimento de outras explicações para a estrutura do átomo, aliadas a experimentos cada vez mais elaborados de investigação de fenômenos radioativos. Dentre os modelos que se tornaram mais conhecidos temos os de Joseph John Thomson (1856 – 1940), Hantaro Nagaoka (1865-1950), Ernest Rutherford (1871-1937), Niels Bohr (1885-1962) e muitos outros, que são pouco conhecidos ou discutidos nos estudos sobre a teoria atômica (Kragh, 1997; Lopes, 2009). Thomson, por exemplo, destacou-se pelos seus estudos com raios catódicos, propondo um modelo atômico “formado por anéis coplanares de corpúsculos dentro de uma esfera de carga positiva e uniforme” (Melzer; Aires, 2015, p. 70).

De modo similar, segundo Oliveira (2017, p. 47), “[...] Nagaoka considerava o átomo como uma carga central positiva, rodeada por cargas negativas, com massa iguais, igualmente espaçadas, dispostas em um círculo e repelidas de acordo com o quadrado da distância”. Esse modelo tinha como base os cálculos de Maxwell, os quais ele adaptou para seu estudo. A interpretação de Nagaoka sofreu muitas críticas, pois possuía incoerências com os estudos de eletricidade, ocasionando a instabilidade eletrostática e incapacidade de explicar os espectros

atômicos, fazendo o cientista assim desistir e focar em outras áreas de estudo (Melzer; Aires, 2015).

Nesse decorrer, outros modelos surgiram e sofreram críticas, chegando ao modelo de Rutherford, o qual “trabalhou levando em conta que o átomo teria uma região central e periférica” (Melzer; Aires, 2015, p. 73). Em seus experimentos com partículas alfa, Rutherford “considerou que o átomo não podia ser apenas uma massa esférica com carga positiva uniforme e elétrons grudados a ela, como ilustrou Thomson, mas sim possuir um vazio, como já previsto por Nagaoka” (Oliveira, 2017, p. 52).

Na seção seguinte, discutiremos com mais detalhes o modelo de Rutherford, que será a base para a nossa proposta didática. O principal motivo para a escolha desse modelo diz respeito a sua importância nas pesquisas experimentais, principalmente pelo fato da identificação do núcleo atômico, através de um dos experimentos mais conhecidos e difundidos nos livros de Física (“o experimento da lâmina de ouro”). A partir do episódio sobre esse modelo, apresentaremos uma discussão para trabalhar com os estudantes características da construção da Ciência, segundo a HC, levando em consideração fatores importantes, como o contexto histórico da época, as investigações que existiam naquele período e o que possivelmente foi o experimento atribuído a Rutherford sobre a “descoberta do núcleo”, as influências que ele sofreu e a importância de outros personagens, que geralmente não são citados e devidamente reconhecidos.

2.2.1 Ernest Rutherford e o modelo atômico nuclear

Ernest Rutherford nasceu em Brightwater, perto de Nelson, Nova Zelândia, em 30 de agosto de 1871. Era o quarto filho entre os 12 de James e Martha Rutherford. Durante sua vida e contribuições científicas ele recebeu um título de nobreza, tornando-se o barão Rutherford de Nelson. Logo cedo mostrou interesse pela Ciência, dedicando-se bastante na sua educação, destacando-se por seus inventos na área de comunicação sem fio, para mais tarde se concentrar em estudos sobre radioatividade, os quais duraram 40 anos. Sobre muitas de suas conquistas, uma delas ocorreu em 1895, aos 24 anos de idade, ao conseguir uma bolsa de estudos na universidade de Cambridge, no laboratório de Cavendish, o qual era dirigido na época por Joseph John Thomson, uma autoridade importante sobre os fenômenos eletromagnéticos e renomado professor de Física da Universidade de Cambridge (Brennan, 2000).

No período que trabalharam juntos, entre 1895 e 1898, desenvolveram importantes estudos sobre os raios X e ionização de gases, identificando que estes produziam grandes

quantidades de partículas eletricamente carregadas. Tal investigação, contribuiu para avanços na compreensão de fenômenos sobre os átomos (Brennan, 2000).

Rutherford também desenvolveu estudos com outros cientistas no decorrer de sua vida, que culminaram na identificação do núcleo atômico, durante suas investigações na Universidade McGill (Canadá), na qual trabalhava como professor. Após décadas de pesquisa foi laureado com o prêmio Nobel de Química, em 1908, por suas investigações sobre “a desintegração dos elementos e a química das substâncias radioativas”, apesar de suas investigações serem incluídas no campo da Física. Ele também se destacou-se nos estudos que chamamos hoje de Física Nuclear. Ao morrer, suas cinzas foram depositadas junto a Isaac Newton na Abadia de Westminster em Londres (Lopes, 2009).

2.2.2 O modelo atômico de Rutherford

Ao longo de mais de uma década, entre os anos de 1900 e 1911, Ernest Rutherford dedicou-se a estudos experimentais especialmente sobre radioatividade, que constituíram as bases para seu modelo de interpretação para o átomo, que se tornou objeto de estudo de vários pesquisadores. No entanto, não foi algo desenvolvido do dia para a noite. Pelo contrário, até chegar a um modelo propriamente dito, ocorreram muitas dificuldades empíricas, erros de interpretação e muitos estudos baseados em outras pesquisas (Melzer; Aires, 2015). Um desses estudos ocorreu quando Rutherford esteve trabalhando como professor em McGill, entre 1898 e 1907.

Conforme Marques (2006, p. 13-14), nesta universidade:

[...] Rutherford realizou pesquisas sobre os aspectos da radioatividade, incluindo a natureza e as propriedades das emanções produzidas pelos elementos químicos rádio (Ra) e tório (Th) e o aquecimento e a propriedade de ionizações oriundas de processos radioativos. Ele identificou que elementos radioativos emitem 2 tipos de radiação: a primeira pouco penetrante, que denominou alfa (α) e a segunda muito penetrante nomeada beta (β).

Além desses estudos, temos de destacar que Rutherford, também desenvolveu características importantes de sua interpretação, tendo como base os experimentos realizados por dois jovens estudantes, Hans Geiger (1882-1945) e Ernest Marsden (1889-1970), um físico alemão e o outro inglês, que juntos desenvolveram o experimento conhecido como “experimento da folha de ouro” ou “experimento de Geiger-Marsden” (Cecelotti; Marques, 2023). Foi a partir dos resultados deste trabalho que Rutherford fundamentou de forma empírica a sua proposta para o modelo atômico. Em seus estudos, os jovens “[...] Hans Geiger e Ernest

Marsden desenvolveram experimentos entre 1908 e 1910 sobre o comportamento das partículas alfa e beta quando atravessavam a matéria, bem como seu espalhamento” (Lopes, 2009, p.84).

O experimento com resultados mais intrigantes realizado pelos jovens físicos consistia em bombardear finíssimas lâminas de diferentes metais com partículas alfa e beta, sendo que as partículas betas não seguiram com investigações, já as partículas alfas traziam resultados efetivos que deram continuidade a investigação. Geiger, com isso, identificou que ao fazer este procedimento com as partículas alfa, uma pequena parte destas não atravessava o metal, retornando assim com pequenos ângulos de desvio, mas com maiores ângulos estas sofriam menos desvio e as que retornavam aumentavam com o aumento do peso atômico do metal (Lopes, 2009).

Em 1909, as investigações trouxeram resultados surpreendentes, que posteriormente gerariam discussões na comunidade científica pelo mundo, conforme afirmam Marques e Caluzi (2003, p.03):

Os resultados dos trabalhos de Marsden e Geiger foram publicados em um artigo em 1909 cujo título era Sobre a Reflexão Difusa das Partículas Alfa. Neste artigo eles relatam que bombardearam com partículas alfas uma delgada folha de ouro com uma espessura de 6 microns. Em torno desta folha de ouro foi colocado um anteparo revestido com uma camada de sulfeto de zinco. As partículas alfas ao colidirem com esta superfície revestida podiam ser detectadas. O resultado foi que um certo número de partículas ao se chocarem com a folha de ouro apresentou um ângulo de desvio de até 90°. Algumas partículas alfas retornavam a ponto de incidência sendo que algumas eram refletidas com um ângulo de quase 180 graus, ou seja, em direção da fonte de emissão. Nesse artigo ainda há os resultados dos números de partículas desviadas quando utilizavam folhas de outros metais tais como chumbo, alumínio e platina. Pela observação desses novos desvios, Geiger e Marsden concluem que o número de partículas que sofreram desvio aumentava em proporção à massa atômica dos respectivos metais.

Tais resultados contradiziam o modelo de Thomson, por exemplo, que considerava “os átomos como esferas maciças”. Foi a partir dessa investigação e de estudos posteriores, que Rutherford escreveu seu artigo defendendo as ideias de Geiger e Marsden e adicionou suas contribuições a respeito, isso no ano de 1911, sugerindo que o átomo poderia ser composto por um núcleo pequeno e denso, que conteria a maior concentração de sua massa. Ainda conforme Marques e Caluzi (2003, p.03), o artigo publicado por Rutherford:

[...] relata as dispersões das partículas alfa e beta obtidos pelo trabalho de Geiger e Marsden, acrescenta cálculos matemáticos para explicar essas dispersões e conclui que o átomo é o responsável por esse fenômeno. Infere ainda que o átomo deve consistir em um centro maciço eletricamente carregado e pequeno.

Devemos ressaltar que, por mais que muitos textos mencionem Rutherford, ele inicialmente não definiu a carga das partículas, podendo estas serem positivas ou negativas,

assim como a ideia de que essas giravam ao redor desse centro. Rutherford apenas colocou que as cargas teriam sinal oposto (Lopes, 2009).

No entanto, Rutherford, durante os seus experimentos, encontrou discordância nos dados e nos cálculos considerando o modelo atômico de Thomson. A partir disso, Rutherford realizou experimentos que, segundo ele, indicavam a necessidade de outra forma de distribuição das cargas no átomo, defendendo a ideia de que sua estrutura seria constituída por uma carga central (Lopes, 2009). Segundo Marques e Caluzi (2003), Rutherford busca as ideias de outro modelo estudado,

Para sustentar sua nova imagem da estrutura atômica, Rutherford cita um artigo do Físico japonês H. Nagaoka de 1904. Nesse artigo, Nagaoka considera como “Sistema saturniano” um modelo do átomo formado por uma partícula central carregada positivamente rodeada por anéis de elétrons girando com uma velocidade angular comum. Rutherford propõe nesse artigo o modelo de átomo que, segundo seu biógrafo David Wilson, era revolucionário, pois até aquele momento o modelo de Thomson não justificava as diferentes evidências decorrentes das observações (Marques; Caluzi, 2003, p.04).

Desta forma, podemos dizer que Rutherford, por estar desenvolvendo suas pesquisas na área da radioatividade, focou em uma interpretação de modelo a fim de explicar a deflexão das partículas alfas ao atravessar lâminas, propondo, com isso, a existência de um centro de cargas presentes no átomo. Posteriormente, ele chegou à conclusão de um núcleo responsável por tal fenômeno, focando, assim, seus estudos de um núcleo com características elétricas positivas, interação das partículas radioativas com a matéria (Lopes, 2009). Contudo, seu modelo não teve uma aceitação favorável em sua época, pois, com o decorrer das pesquisas, o modelo vai perdendo a sua validade e isso se dá devido, segundo Marchesi e Custódio (2023, p. 04):

[...] pelo fato da ausência de explicações sobre sua estabilidade mecânica: era admitido que os elétrons circulavam o núcleo em órbitas circulares ou elípticas, semelhantemente ao sistema planetário, ou Saturnico, o que implicava, primeiramente, na aproximação dos elétrons ao núcleo, segundo a teoria eletromagnética, e, conseqüentemente, na emissão de um espectro eletromagnético contínuo, contrariamente ao do hidrogênio obtido experimentalmente, que apresentava emissões discretas em comprimentos de onda bem definidos [18]. Isso fez com que o modelo não chamasse muito a atenção de outros pesquisadores da época.

Com resultado dessa incoerência física, o modelo de Rutherford sofreu muitas críticas e só voltou a ser estudado e modificado por Niels Bohr no ano de 1913, que desenvolve seu próprio modelo atômico trazendo consigo ideias de quantização de energia de Max Planck (1858-1947), as quais estavam abrindo as portas para uma série de investigações físicas naquele período e posteriormente se tornaria uma das bases da mecânica quântica.

O modelo de Bohr que ficou conhecido como modelo de Rutherford-Bohr, já que era baseado nas hipóteses de Rutherford para sua construção. Segundo Marchesi e Custódio (2023, p. 04) neste modelo:

o elétron ocupa orbitas circulares quantizadas ao redor do núcleo, isto é, existiam em números discretos, não mais havendo uma infinidade de órbitas possíveis, o que também quantizava a energia total do átomo. Adicionalmente, emissões e absorções de radiação aconteciam quando o elétron transitava entre duas orbitais possíveis, de modo que a energia do fóton envolvido era igual a diferença entre as energias das orbitas, e sua frequência era dada pela equação de Planck [...].

Apesar da implementação de conceitos de quantização ao modelo proposto por Bohr, a importância do modelo de Rutherford para as ideias posteriores sobre o átomo foi de grande relevância, e a identificação do núcleo atômico defendida por ele trouxeram impactos para a física nuclear.

A interpretação de Rutherford para o átomo trouxe grandes contribuições, por exemplo, para a radioatividade. Na visão de Simões (2020, p. 58):

Rutherford demonstrou ser evidente que a radioatividade é própria dos elementos cujas massas atômicas são muito elevadas. Depois da radiação gama (radiação eletromagnética) antecipada por Becquerel e do feixe beta (feixe de elétrons de energia anormalmente elevada) descoberta por Becquerel e Pierre Curie em 1900 e, por fim, do feixe alfa (não desviado pelo campo magnético, mas detido pelo alumínio) descoberto por Paul Villard, também em 1900, Rutherford demonstrou, em 1906, que a partícula alfa, de carga elétrica positiva, é constituída pelo hélio sob a forma ionizada, isto é, com núcleos de hélio desprovidos dos seus elétrons.

Marques (2006, p.126) menciona ainda que:

O maior feito de Rutherford em Manchester foi à descoberta da estrutura nuclear do átomo, baseando-se em várias investigações empíricas de outros cientistas. [...] Ficou claro que o interesse de Rutherford de fato não era elaborar um novo modelo atômico do átomo para substituir o de Thomson, mas sim decifrar um enigma (os espalhamentos das partículas elétricas na matéria) o qual foi objeto de pesquisa de muitos cientistas em Manchester e em outras universidades.

Apesar de tudo, os livros texto de Ensino Médio, e até em nível superior, trazem a ideia de que o núcleo atômico foi “descoberto” apenas por Rutherford assim como todos os estudos que o levaram ao modelo nuclear foram desenvolvidos por ele. É necessário deixar claro que [...] “na verdade deve-se ter em mente a contribuição de toda uma equipe e de todo um aparato elaborado por Ernest Marsden e seus colaboradores para que fosse possível o desenvolvimento de importantes pesquisas, que resultaram na identificação do núcleo” (Melo, 2014, p. 32). Muitas vezes estes equívocos acontecem nos livros didáticos dando o crédito apenas a uma figura principal, como menciona Marques (2006, p.15):

Outra falha nos livros didáticos é a de apresentarem o tema como algo pronto, sem, no entanto, citarem os trabalhos de outros cientistas de grande importância, e as

eventuais problemáticas nas interpretações que também contribuíram para o modelo nuclear.

Na verdade, foram anos para o modelo ser apresentado, com evidências experimentais e bases teóricas fundamentadas em modelos anteriores, como o de Nagaoka. Mesmo assim, a interpretação de Rutherford apresentou falhas que o tornaram inconsistente com os conhecimentos sobre eletromagnetismo naquele período. A não discussão desses fatos, acaba gerando interpretações equivocadas sobre a Ciência, que é caracterizada como sendo infalível, marcada por acertos e acúmulo de pesquisas de gênios que trabalham de forma isolada.

Portanto, é importante que esses acontecimentos sejam discutidos em sala de aula, para que a Ciência seja contada de forma fiel aos fatos e que os estudantes tenham acesso à reflexão sobre as inconsistências físicas de interpretações que ficaram famosas. Isso é importante para o desenvolvimento de um pensamento crítico sobre a construção do conhecimento científico, tornando o modelo de Rutherford um exemplo relevante para a discussão sobre a importância da HC no ensino de Física, numa linguagem acessível para os estudantes. Nessa perspectiva, Marques e Caluzi (2003, p. 02) afirmam que o modelo de Rutherford pode:

apresentar algumas características importantes que podem ser exploradas pelos professores em sala de aula como: 1) é uma das mais importantes descobertas do início do século XX, 2) contradiz as leis do eletromagnetismo clássico e 3) a solução desta contradição, juntamente com a radiação do corpo negro, o efeito fotoelétrico, etc, conduziu a formulação da Mecânica Quântica.

Devemos entender que a construção do modelo atômico de Rutherford consistiu em um processo de investigação longo para chegar ao seu desenvolvimento que, conforme Marques; Caluzi (2003, p.02):

Rutherford procurava interpretações e explicações sobre a natureza das emissões alfa, pois eram muito energéticas e possuíam uma velocidade comparável a da luz. Após experiências realizadas com Hans Geiger, em 1908, Rutherford conclui que as emissões alfas eram na verdade átomos de hélio totalmente ionizados. Sabendo disso, ele procurou utilizá-las para estudar os átomos, uma vez que as emissões alfas só poderiam ser de natureza atômica. Em novas experiências, Rutherford procurou bombardear com partículas alfa a matéria e constatou que inúmeras partículas apresentaram um desvio da sua trajetória ao atravessarem a matéria. Intrigado com esse resultado, ele iniciou um estudo sobre a possível origem desses desvios.

É nesse momento que destacamos novamente a importância de outros trabalhos na interpretação que Rutherford desenvolveu, mais especificamente com Hans Geiger e Ernest Marsden, tendo este último se juntado a eles em 1909, desenvolvendo experimentos envolvendo o bombardeamento de partículas alfas utilizando lâmina metálicas, como o estanho, ouro, platina e outros. Nesse mesmo ano, eles comunicam seus resultados a Royal Society. Em 1910 os jovens realizam ainda uma segunda comunicação, desta vez mais detalhada, na qual

apresentam o ouro como o metal utilizado nos experimentos por eles realizados. Só no ano seguinte, em 1911, Rutherford faz uma comunicação a Sociedade de Literatura e Filosofia de Manchester, na qual apresenta ideias a respeito da estrutura do átomo nuclear, isso tendo como base os experimentos feitos por Geiger e Marsden (Lopes, 2009). Conforme Marques (2006, p. 113) a respeito do artigo de Rutherford em 1911:

Ele disse que comparando a sua teoria com os resultados experimentais, era previsível, portanto, que o átomo consiste de uma carga central supostamente concentrada em um ponto e que os grandes ângulos de desvios sofridos pelas partículas alfa e beta são principalmente devido à passagem delas por um forte campo central.

Apesar de alguns fatos históricos mencionarem que Rutherford teria descoberto a natureza da carga elétrica central deste modelo, é importante destacar que ele não deixa claro isso, podendo ela ser positiva ou negativa. Ainda conforme Marques (2006, p.115) a teoria atômica de Rutherford,

estabelecia que: um átomo consiste em uma carga central positiva ou negativa concentrada dentro de uma esfera de raio de aproximadamente 3×10^{-12} cm, e cercado por eletricidade de sinal oposto distribuída ao longo do resto do átomo de raio 10^{-8} cm. E que uma partícula alfa sofre um grande ângulo de desvio devido apenas a um único encontro com essa carga central. Esse encontro, fará a partícula alfa descrever uma hipérbole com o centro do átomo sendo um dos focos. Podemos dizer, conforme Rutherford propôs que o átomo é composto, sobretudo, de espaços vazios. A maior parte da massa de um átomo, portanto, estaria concentrada no seu centro, que corresponde apenas a 100 milésimos do seu diâmetro.

Sendo assim, o modelo de Rutherford teve uma certa consistência, ficando mais próximo da concepção atual em relação aos demais modelos atômicos construídos antes do dele. Claro que isso não durou muito, pois o modelo contrariava uma das leis de Maxwell a respeito da eletrodinâmica. Tal lei estabelecia que, se um elétron circulasse em torno de um núcleo de carga positiva, ele irradiaria luz, perdendo energia e, conseqüentemente, colidindo com o núcleo. Por não explicar o comportamento do elétron — que era o foco de investigação naquele período — o modelo de Rutherford não despertou grande interesse entre os estudiosos.

Apenas em 1913, com Niels Bohr, foi que seu modelo voltou a ser evidenciado, com o modelo Rutherford- Bohr, já citado anteriormente, que determinava os sinais das cargas do núcleo e da eletrosfera, algo que não era definido ainda por Rutherford, principalmente o sinal destas cargas. Apesar disso, o modelo de Rutherford deixou, de certa forma, um marco na história do átomo clássico fazendo parte das descobertas das partículas constituintes do núcleo do átomo (prótons e nêutrons) seja de forma direta ou indireta, e contribuições para a Ciência (Oliveira; Fernandes, 2006; Lopes, 2009; Cordeiro; Peduzzi, 2011).

Portanto, investigar episódios como a construção do modelo atômico de Rutherford é essencial para compreender como o conhecimento científico se desenvolve de forma dinâmica, por meio de tentativas, erros, revisões e influências mútuas entre pesquisadores. Esse episódio evidencia que a Ciência não é um processo linear nem infalível, mas sim uma atividade humana coletiva, sujeita a reformulações diante de novas evidências e interpretações. Ao analisar esse caso, é possível desmistificar a ideia de que os cientistas trabalham isoladamente ou que suas descobertas surgem de forma repentina e definitiva. Pelo contrário, o avanço científico depende da colaboração, do debate e da influência de fatores históricos, sociais e tecnológicos. Além disso, esse estudo contribui para o desenvolvimento de uma visão crítica e mais realista da Ciência, fundamental para o ensino de Física, ao evidenciar que os conceitos hoje consolidados foram construídos gradualmente, com base em investigações empíricas e teóricas que muitas vezes desafiaram o conhecimento vigente.

3. MÉTODOS

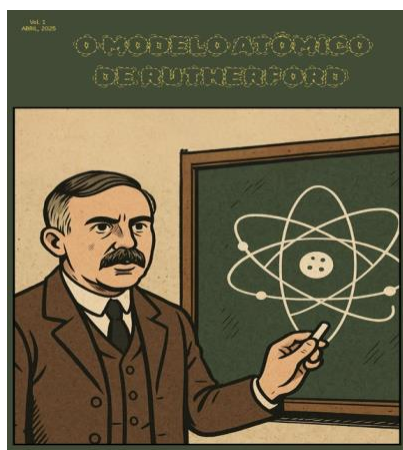
Tendo como base o episódio do modelo de Rutherford, apresentaremos nessa seção uma proposta que resultou na construção de uma HQ como estratégia didática para a abordagem desse episódio. Inicialmente, descrevemos o processo de construção da proposta e, posteriormente, sugerimos uma metodologia estruturada para a aplicação do material em sala de aula. Conforme mencionado anteriormente, o trabalho de Santos e Baldinato (2024) serviu como referência para a elaboração da estrutura narrativa, definição dos personagens e desenvolvimento do enredo. O público-alvo são os estudantes do 3º ano do Ensino Médio, pois as discussões fenomenológicas exigem conhecimentos básicos sobre eletricidade e propriedades das cargas elétricas, além de tratar-se de um tema base para a introdução ao estudo de Física Moderna. A nossa pesquisa foi do tipo bibliográfica, que tem como base a elaboração de “material já publicado, constituído principalmente de: livros, revistas, publicações em periódicos e artigos científicos [...] com o objetivo de colocar o pesquisador em contato direto com todo material já escrito sobre o assunto da pesquisa” (Prodanov; Freitas; 2013, p.54).

3.1 O MATERIAL CONFECCIONADO: A PRODUÇÃO DOS QUADRINHOS

Para a construção da HQ iniciamos com a concepção e organização dos personagens, enredo e contexto, levando em consideração a estrutura das histórias em quadrinhos (enredo, personagens, tempo e espaço). Nesse momento, tomamos como base o livro de Santos e Baldinato (2024), intitulado “História da ciência ilustrada”.

A história que elaboramos, intitulada “O modelo atômico de Rutherford” (Figura 01), se passa, inicialmente, em um laboratório de Física e Química que remete ao período entre o final do século XIX e o início do século XX, transitando em outros ambientes, conforme o desenrolar da narrativa, como bibliotecas e representações de lugares que os cientistas frequentaram. Os protagonistas da história são os personagens fictícios, Ana e Luiz (Figura 02), que se apresentam como historiadores da Ciência em uma de suas aventuras investigando a história da “descoberta do átomo”.

Figura 01 - Capa da HQ



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Figura 02 - Protagonistas da história (Ana e Luiz)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

A construção do enredo teve como base a nossa investigação historiográfica sobre o modelo de Rutherford, ancorada em pesquisas feitas por historiadores da Ciência. Tentamos elaborar as falas e discussão dos fatos numa linguagem acessível e mais próxima do público do Ensino Médio. No decorrer da história, os cientistas (Figura 03), junto com os jovens historiadores, apresentam seus modelos atômicos e discutem sobre suas características físicas e estruturais, e as principais falhas e dificuldades de suas propostas para o átomo.

Figura 03 - Personagens dos cientistas discutindo suas teorias



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Como ferramentas para ilustrar a história, utilizamos o Canva e o ChatGPT. O Canva foi usado como plataforma de design gráfico, para a construção dos balões com os diálogos dos personagens, caixas de texto (ou recordatórios), cores e traços das páginas. O ChatGPT, por sua vez, foi usado para a geração das imagens que deram “vida” a história (personagens, cores e traços). Nesse processo, enfrentamos algumas dificuldades, principalmente, pelo fato de o ChatGPT limitar a geração das imagens, por se tratar da versão gratuita, ocasionando alguns atrasos na produção do material. Além disso, contamos também com erros na geração de alguns personagens, traços e formas das páginas. Esse foi o maior contratempo que encontramos no decorrer da construção do material.

Contudo, as ferramentas digitais apresentam relativa facilidade de uso, podendo ser operadas por qualquer professor que possua conhecimentos básicos em informática ou utilize um dispositivo móvel. No caso específico do ChatGPT, recomenda-se que o docente se familiarize com alguns comandos da inteligência artificial (prompts), a fim de minimizar possíveis imprecisões. De modo geral, os resultados obtidos são satisfatórios e visualmente atrativos, pois oferecem representações próximas das situações e personagens históricos. Nesse sentido, é fundamental que o professor recorra a fontes confiáveis para garantir descrições fidedignas dos personagens reais, atentando-se a eventuais erros ou distorções nas informações.

Outro ponto importante de ser destacado, é o fato de o professor ter curiosidade em pesquisar mais ferramentas para a geração das imagens, pois atualmente existem várias inteligências artificiais próprias para isto. É um processo interessante de aprendizagem da IA como auxílio pedagógico, que pode ser explorado cada vez mais e fornecer uma nova ferramenta pedagógica com grandes potencialidades para a educação. No caso do Canva, por exemplo, que é caracterizado como um software de designer gráfico, aprendemos a construir o modelo dos quadrinhos, personalizar os quadros, adicionar os personagens e cenários, inserir balões de falas e caixas de texto, além de aplicar cores, fontes e efeitos. Todas essas ferramentas foram manipuladas de forma gratuita. Apesar de algumas limitações, conseguimos exportar e organizar todas as páginas da revista produzida. Isso nos ajudou bastante na manipulação das imagens dos personagens que eram geradas anteriormente pelo Chat GPT.

O primeiro passo para a criação das imagens foi acessar o ChatGPT e elaborar os comandos. Em seguida, selecionávamos as imagens mais próximas de nossas descrições. O segundo passo era feito no Canva, onde organizávamos os quadros, planos de fundo, os balões de falas, as cores, a posição de cada personagem e as situações que eles estavam inseridos. No total, foram construídas 55 páginas, com espaços para anotações e reflexões acerca das discussões apresentadas na história, para estimular os estudantes a interagirem com os

personagens e investigarem juntos os problemas apresentados no episódio histórico. O resultado de nossa produção encontra-se no **Apêndice A**.

3.2 A PROPOSTA PARA SALA DE AULA

Para auxiliar o professor a trabalhar com o material em sala de aula, propomos uma sequência didática estruturada em cinco aulas, seguindo os **Três Momentos Pedagógicos** de Delizoicov e Angotti (1994). Segundo Muenchen; Delizoicov (2014), a dinâmica desses momentos pedagógicos foi baseada na concepção de Paulo Freire, podendo ser caracterizados por: **Problematização inicial, Organização do conhecimento e Aplicação do conhecimento**.

Nossa intenção ao propor o uso desses momentos é organizar as aulas de forma clara e objetiva, seguindo uma sequência lógica de apresentação e discussão do material produzido. Sugerimos trabalhar esse material em, pelo menos, cinco aulas, conforme a descrição do quadro abaixo e as orientações detalhadas para cada momento, disponíveis no **Apêndice B**. Cabe ao professor adaptar essa proposta de acordo com sua realidade e necessidades pedagógicas.

| Quadro de orientações para a intervenção didática | | |
|--|--|---|
| Momento/ aula | Objetivo | Procedimentos |
| 1ª problematização (aula 1) | Investigar os conhecimentos prévios, Estimular o interesse para o tema. | O professor(a) pode problematizar o início da aula com a apresentação de diferentes representações do átomo, com imagens dos modelos atômicos clássicos, animações e/ou até mesmo simulações ¹ sobre o átomo, associados com questões norteadoras. Em seguida, utilizar de mapas conceituais para ajudar aos estudantes a organizarem e apresentarem suas concepções sobre os modelos. |
| Momento da organização do conhecimento (aula 2 e 3) | | O professor (a) inicia o trabalho das HQs com os estudantes, fazendo uma leitura orientada, para que eles investiguem o |

¹ Como sugestão para simulações aconselhamos o PHET Simulation. Para visualização em vídeo de alguns modelos, como o de Thomson, sugerimos:

https://www.youtube.com/results?search_query=simulacao+modelos+atomicos

| | | |
|--|---|---|
| | <p>Investigar os conhecimentos históricos e epistemológicos;</p> <p>Discutir conceitos físicos base para a explicação do tema;</p> <p>Compreender aspectos teóricos e empíricos da produção do conhecimento científico.</p> | <p>episódio estudado, comparem os modelos atômicos, e consigam perceber as limitações de cada modelo proposto, os erros cometidos no processo, os diferentes personagens envolvidos e o papel do conhecimento teórico e empírico. Sempre estimulando a interação em grupo e resolução dos problemas propostos na HQ.</p> |
| <p>Momento da aplicação e socialização do conhecimento (aula 4 e 5)</p> | <p>Investigar e explorar o problema estudado;</p> <p>Possibilitar o protagonismo e criatividade;</p> <p>Compreender aspectos da construção do conhecimento científico a partir da HC;</p> <p>Socializar as hipóteses a respeito dos conhecimentos físicos investigados.</p> | <p>Para este momento, o professor(a) deve propor o desenvolvimento de atividades em equipes, onde os estudantes irão construir quadros explicativos utilizando do conhecimento discutido ao longo das aulas com trechos e imagens dos quadrinhos, palavras chaves sobre as principais ideias discutidas em sala e socialização de respostas, a partir de questões norteadoras propostas pelo professor².</p> |

Por se tratar de uma proposta sugestiva, esta metodologia pode ser modificada e adaptada conforme o contexto de aplicação, desde que se preserve o objetivo central de utilizar os quadrinhos como recurso para estimular a problematização de aspectos da HC sobre o desenvolvimento do conhecimento científico. Nesse sentido, é fundamental que o professor construa de forma clara os objetivos e as estratégias acerca da condução das atividades, compreendendo que o uso das HQs em sala de aula não se limita à leitura recreativa, mas constitui uma estratégia didática capaz de favorecer a contextualização histórica e epistemológica dos conceitos científicos.

² Algumas questões norteadoras para auxílio do professor encontram-se no **Apêndice B**.

A atuação docente, portanto, deve envolver a mediação entre os elementos narrativos da HQ e os conceitos físicos abordados, promovendo a reflexão crítica e o diálogo entre o saber científico e o saber escolar. Para tanto, os **Três Momentos Pedagógicos**, propostos por Delizoicov e Angotti (1994), configuram-se como um referencial metodológico favorável para o desenvolvimento das aulas.

No **momento de problematização inicial**, o professor também pode apresentar a HQ de forma instigante, buscando identificar e valorizar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre os modelos atômicos e suas mudanças ao longo da história. Em seguida, no **momento de organização do conhecimento**, a narrativa pode ser retomada de modo analítico, explorando os conceitos científicos envolvidos e suas relações com os experimentos e contextos históricos. Por fim, no **momento de aplicação do conhecimento**, os estudantes podem ser estimulados a reinterpretarem ou reconstruírem as situações apresentadas, com outras estratégias, como por exemplo, a elaboração de novos quadrinhos, debates ou experimentações que consolidem a aprendizagem.

Desse modo, o uso orientado e criativo das HQs com HC, aliado aos Três Momentos Pedagógicos, tem potencial para a contribuição de um ensino de Física mais problematizado, significativo, histórico e reflexivo, favorecendo a compreensão da Ciência como uma construção humana, dinâmica e contextualizada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado deste trabalho consistiu na elaboração de uma proposta didática para o ensino de Física por meio da construção de uma HQ sobre o modelo atômico de Rutherford, a fim de despertar o interesse e a participação dos estudantes para a Ciência, discutindo aspectos importantes da construção do conhecimento científico através da abordagem da HC.

O uso das HQs pode ajudar os estudantes a compreenderem conceitos e teorias relacionados às Ciências, oferecendo uma oportunidade de estudar teorias científicas com uma perspectiva investigativa. Essa prática pode apoiar, conforme Silva Júnior e Bertoldo (2020), na construção dos conhecimentos acerca dos conceitos científicos, problematizando e aplicando na vida cotidiana dos discentes ou em situações mais complexas, que exigem uma abstração apurada e matematizada, de modo que se promova a compreensão de diversos fenômenos naturais. Sendo assim, a nossa proposta pode tornar-se grande aliada dos professores na inserção de conteúdos, proporcionando aulas mais dinâmicas, lúdicas e desafiadoras, além de trazer a divulgação das Ciências por meio de aspectos históricos e epistemológicos.

A elaboração deste apoio didático, permitiu também o uso da IA, ferramenta importante para a realização do material, e que está inserida cada vez mais na vida dos estudantes, trazendo grandes possibilidades para a Educação como um todo. Em nosso caso, foi por meio dela que demos vida aos personagens da história, assim como, aos cenários e outros. No entanto, devemos ter cuidado, pois a IA pode trazer alguns erros quando as informações não são claras, algo que aconteceu quando utilizamos o ChatGPT para a criação das imagens. Nesse momento, tivemos dificuldades, pois alguns problemas foram gerados na caracterização visual dos personagens, planos de fundo dos quadros etc. Outro problema ocorreu com o tempo para a geração das imagens, por estarmos usando uma versão gratuita, tínhamos que esperar vários minutos, e até horas entre uma imagem e outra, além da limitação diária de pedidos. Entretanto, a experiência com o uso de IA foi muito proveitosa e satisfatória, assim como, a criação das histórias, que serviu de aprendizagem e experiência para inserir metodologias diversificadas no ensino, principalmente da Física.

Por sua vez, a inserção dos quadrinhos em nossa proposta, pode trazer uma alternativa para ensino de Ciências, em nosso caso para o ensino de Física, que permite a problematização e contextualização do conhecimento científico, contribuindo para o interesse dos estudantes na Ciência, sobretudo na HC. Por se tratar de uma linguagem simples, as HQs possibilitam o uso de figuras e textos mais acessíveis aos estudantes, auxiliando na compreensão de conceitos complexos e abstratos e divulgação da Ciência na escola, tornando-se aliada do ensino. A partir dessa perspectiva, concordamos que “o uso da leitura de histórias em quadrinhos, para abordagem da História e Filosofia da Ciência, mostra-se uma ferramenta eficaz para o aprimoramento da concepção histórica dos fatos científicos” (Corrêa; Malaquias, 2022, p.04). Dessa forma, foi nessa perspectiva que elaboramos o nosso material, por meio de aspectos históricos da Ciência, problematizando e investigando a trajetória da teoria atômica para os estudantes.

A sequência didática proposta, fundamentada nos **Três Momentos Pedagógicos de Delizoicov e Angotti (1994)**, constituiu um caminho metodológico que favorece o diálogo entre teoria e prática, aproximando o estudante do processo de investigação científica. A aplicação dessa estrutura em sala de aula pode estimular a reflexão crítica, a curiosidade e a autonomia dos estudantes, promovendo um aprendizado mais ativo e significativo.

Portanto, o uso das HQs como recurso de ensino não deve ser visto apenas como um elemento lúdico, mas como uma ferramenta epistemologicamente robusta para problematizar e reconstruir o conhecimento físico a partir de uma perspectiva histórica. Ao mobilizar a narrativa visual e a linguagem científica em um mesmo material, a proposta contribui para a humanização

da Ciência e para a valorização do pensamento histórico e crítico na educação científica, oferecendo ao professor uma estratégia viável para enfrentar alguns dos problemas de aprendizagem enfrentados pelos estudantes durante as aulas de Física.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que o uso de HQs, aliado à HC e apoiado por recursos de IA, compõe uma estratégia didática com potencial inovador para o ensino de Física, promovendo uma compreensão mais crítica e contextualizada dos modelos atômicos. Em meio a esse tema, a nossa investigação permitiu responder à pergunta principal do trabalho *“Como investigar e contextualizar temas de Física integrando as HQs com HC no Ensino Médio?”*, pois, tendo como base as pesquisas com o uso da HQs, ficou evidente que podemos contribuir como estratégias para o ensino de Física, por meio da HC, ajudando a tornar a disciplina mais humanizada e interdisciplinar para os estudantes, nos permitindo etapas como a escolha do tema, a investigação histórica, transformação da HQs e etc., possibilitando uma contextualização da Física utilizando aspectos históricos e epistemológicos presentes na HC, através das HQs.

Desta forma, a temática nos permitiu a investigação do episódio de construção do modelo atômico de Rutherford, explorando as HQs como recurso para divulgação e investigação da HC no ensino de Física, assim como, a relação entre Ciência e Arte. Nossa intenção, com a construção deste material é que ele seja usado por futuros profissionais que desejem empregar uma estratégia diferente com os estudantes e que adaptem utilizando outras temáticas, e que tentem abordar a HC em suas aulas, a fim de possibilitar a compreensão do conhecimento científico e crítico da Ciência.

A experiência relatada neste trabalho demonstra que, mesmo diante das limitações técnicas, o emprego da IA na produção de recursos didáticos, oferece um campo fértil para a experimentação pedagógica e subsídio aos professores na elaboração de suas aulas. Nesse contexto, a mediação do professor é fundamental para garantir que o uso dessas tecnologias mantenha o rigor científico e didático, integrando-as de forma crítica ao processo de ensino-aprendizagem. Por outro lado, ao utilizar a IA em sala de aula, surgem desafios, principalmente em relação às suas limitações. Apesar de ser uma ferramenta muito útil, os estudos em Educação ainda estão dando seus primeiros passos. Contudo, o seu uso pode tornar-se essencial quando pensamos em metodologias diversificadas de ensino, como é o caso das HQs, que resgatam a curiosidade e o pensamento conceitual, crítico e criativo.

Nesse cenário, o uso das HQs permite abordar diversas áreas do conhecimento, não apenas a Física, mas também inúmeras outras, como a Química, que também pode ser contemplada na aplicação desta proposta. O professor, por sua vez, pode, inclusive, utilizar a ideia ou até mesmo partes dos quadrinhos produzidos em suas aulas, como recurso para problematizá-las ao introduzir os modelos atômicos, sem se restringir apenas ao modelo de Rutherford.

No caso da disciplina de Física, esta metodologia é especialmente relevante, já que a HC ainda é pouco explorada no ensino, embora tenha o potencial de fornecer as aulas um caráter mais investigativo.

Recomenda-se que futuras pesquisas e práticas explorem o potencial dessa metodologia em outros conteúdos da Física, notadamente para a abordagem de temas mais abstratos, em diferentes níveis de ensino, a exemplo da Física Moderna, ampliando a compreensão sobre o papel da HC e dos recursos digitais na formação de sujeitos críticos e conscientes da natureza social e humana do conhecimento científico. Dessa forma, sugerimos que novas aplicações explorem os benefícios dessa abordagem em outras áreas de ensino de Ciências e Matemática, tomando como base propostas como a que elaboramos nesta investigação.

REFERÊNCIAS

BAGDONAS, Alexandre; ZANETIC, João; GURGEL, Ivã. Controvérsias sobre a natureza da ciência como enfoque curricular para o ensino da física: o ensino de história da cosmologia por meio de um jogo didático. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 242-260, 2014. DOI: <https://doi.org/10.53727/rbhc.v7i2.199>. Disponível em: <https://rbhciencia.emnuvens.com.br/revista/article/view/199>. Acesso em: 29 de set. 2025.

BARROS, Marcelo Alves; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. A história da ciência iluminando o ensino de visão. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 5, p. 83-94, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-73131998000100008>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/bsMxsFJvBgvF7zTtFXWzqqv/?lang=pt>. Acesso em: 29 de set. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 29 de set. 2025.

BRENNAN, Richard P. **Gigantes da Física**. Rio de Janeiro: Zahar, 2000. Disponível em: https://books.google.com/books?hl=pt-BR&lr=&id=MbEPWZVM8vEC&oi=fnd&pg=PA3&dq=BRENNAN,+Richard+P.+Gigantes+da+F%C3%ADsica.+Zahar,+2000.&ots=79qdMfaa2f&sig=w7dPFZ_NealjTRYF3FIpMiz8X6k. Acesso em: 29 de set. 2025.

CAMARGO, Susan Caroline; SILVA, Angélica Cristina Rivelini. Histórias em quadrinhos no ensino de ciências: um olhar sobre o que foi produzido nos últimos doze anos no ENEQ e ENPEC. **ACTIO: docência em ciências**, Curitiba, v. 2, n. 3, p. 133-150, 2017. DOI:

<http://dx.doi.org/10.3895/actio.v2n3.6818>. Disponível em:
<https://revistas.utfpr.edu.br/actio/article/view/6818>. Acesso em: 29 de set. 2025.

CECELOTTI, Lorena; MARQUES, Deividi Marcio. História da Ciência e Ensino: um material paradidático para o ensino de emissões radioativas. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, [s. l.], v. 27, p. 480-491, 2023. DOI: <https://doi.org/10.23925/2178-2911.2023v27esp480-491>. Disponível em:
<https://revistas.pucsp.br/index.php/hcensino/article/view/64923>. Acesso em: 29 de set. 2025.

CORDEIRO, Marinês Domingues; PEDUZZI, Luiz Orlando de Quadro. Aspectos da natureza da ciência e do trabalho científico no período inicial de desenvolvimento da radioatividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [São Paulo], v. 33, n. 3, p. 3601, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172011000300019>. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbef/a/TPvryQNRN5tjSZm59ngC4DN/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 29 de set. 2025.

CORRÊA, Savio Figueira; MALAQUIAS, Isabel. História da ciência e ensino de física através de uma oficina de história em quadrinhos. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, [s. l.], v. 11, n. 13, p. e182111335230-e182111335230, 2022. DOI:
<https://doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35230>. Disponível em:
<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/35230>. Acesso em: 29 de set. 2025.

CORREIA, Rumisio. **Teoria atômica**: uma abordagem didática do modelo atômico de Rutherford para alunos do ensino médio. 2021. 42 f. Monografia (Graduação em Licenciatura em Química) – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2021. Disponível em:
<https://repositorio.unilab.edu.br/jspui/handle/123456789/4693>. Acesso em: 29 de set. 2025.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André. **Metodologia do ensino de ciências**. 2.ed. São Paulo: Cortez, 1994. Disponível em: <https://pergamum.ufscar.br/acervo/61242>. Acesso em: 29 de set. 2025.

FIORAVANTI, Carlos Henrique; ANDRADE, Rodrigo de Oliveira; MARQUES, Ivan da Costa. Os cientistas em quadrinhos: humanizando as ciências. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 23, n.4, p. 1191-1208, 2016. DOI:
<https://doi.org/10.1590/S0104-59702016000400008>. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/hcsm/a/x6fK7Bq9sLxrV4DLzYr3b6N/?lang=pt>. Acesso em: 29 de set. 2025.

FONSECA, Tina; CAMPIGLIA, Lucila. APREND. AI: Inteligência Artificial Generativa no ensino superior. **TECCOGS: Revista Digital de Tecnologias Cognitivas**, [s. l.], n. 28, p. 87-107, 2023. DOI: <https://doi.org/10.23925/1984-3585.2023i28p87-107>. Disponível em:
<https://revistas.pucsp.br/teccogs/article/view/67072>. Acesso em: 29 de set. 2025.

HEGGLER, João Marcos; SZMOSKI, Romeu Miqueias; MIQUELIN, Awdry Feisser. Inteligência artificial: ChatGPT como tecnologia educacional. **Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica**, [s. l.], v. 2, n. 25, p. e17221, 2025. DOI:
<https://doi.org/10.15628/rbept.2025.17221>. Disponível em:
<https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/RBEPT/article/view/17221>. Acesso em: 29 de set. 2025.

JESUS, Everaldo Antonio de; GUERRA, Avaetê de Lunetta e Rodrigues; PEREIRA, Antonio Renaldo Gomes. A Interdisciplinaridade como estratégia para o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa. **International Contemporary Management Review**, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 1-12, 2024. DOI: <https://doi.org/10.54033/icmr5n2-003>. Disponível em: <https://www.icmreview.com/icmr/article/view/87>. Acesso em: 29 de set. 2025.

KRAGH, H. **The Quantum Generations: A History of Physics in the Twentieth Century**. Princeton University Press, 1997. E-book. Disponível em: <https://www.torrossa.com/en/resources/an/5642076>. Acesso em: 29 de set. 2025.

LOPES, Cesar Valmor Machado. **Modelos atômicos no início do século XX: da física clássica à introdução da teoria quântica**. 2009. Tese (Doutorado em História da Ciência) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/78156>. Acesso em: 29 de set. 2025.

MARCHESI, Mateus Queiroz; CUSTODIO, Rogerio. Evolução histórica dos modelos atômicos. **Revista Chemkeys**, São Paulo, v. 5, p. e023003-e023003, 2023. DOI: 10.20396/chemkeys.v5i00.18418. Disponível em: <https://www.academia.edu/download/109270165/12967.pdf>. Acesso em: 29 de set. 2025.

MARQUES, Deividi Marcio. **As investigações de Ernest Rutherford sobre a estrutura da matéria: contribuições para o ensino de química**. 2006. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2006. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/8b64df98-a6f1-43f3-a6d3-a81f6ea518c5>. Acesso em: 29 de set. 2025.

MARQUES, Deividi Marcio; CALUZI, João José. Ensino de química e história da ciência: o modelo atômico de Rutherford. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., 2003, Bauru. **Anais [...]**. Bauru: ABRAPEC, 2003. Disponível em: <https://fep.if.usp.br/~profis%20/arquivo/encontros/enpec/ivenpec/Arquivos/Painel/PNL134.pdf>. Acesso em: 29 de set. 2025.

MARTINS, André Ferrer Pinto. História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [Santa Catarina], v. 24, n. 1, p. 112-131, 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6056>. Acesso em: 29 de set. 2025.

MARTINS, Milene Rodrigues; BUFFON, Alessandra Daniela. A História da Ciência no currículo de Física do Ensino Médio. **ACTIO: Docência em Ciências**, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 420-437, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.3895/actio.v2n1.6790>. Disponível em: <https://revistas.utfpr.edu.br/actio/article/view/6790>. Acesso em: 29 de set. 2025.

MARTINS, Roberto de Andrade. Introdução: A história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, Cibelle Celestino (org.). **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2006. p.21-34. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/275832971_Introducao_a_historia_das_ciencias_e_seus_usos_na_educacao. Acesso em: 29 de set. 2025.

MASSARANI, Luisa; MOREIRA, Ildeu de Castro; ALMEIDA, Carla. Para que um diálogo entre ciência e arte? **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 13, p. 7-10, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-59702006000500001>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/hcsm/a/KbcpxMxtDvjbHHchgqRxvpR/?stop=previous&lang=pt&format=html>. Acesso em: 29 de set. 2025.

MATTHEWS, Michael R. **Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science**. Nova Iorque: Routledge, 1994. Disponível em: <https://philpapers.org/rec/MATSTT>. Acesso em: 29 de set. 2025.

MELO, José Fernando de. **Tópicos de física moderna e contemporânea no Ensino Médio: Uma abordagem histórica e conceitual dos modelos atômicos**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014. Disponível em: <https://tede.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/tede/2299>. Acesso em: 29 de set. 2025.

MELZER, Ehrick Eduardo Martins; AIRES, Joanez Aparecida. A história do desenvolvimento da teoria atômica: um percurso de Dalton a Bohr. **Revista de Educação em Ciências e Matemática**, Amazônia, v. 11, n. 22, p.62-77, 2015. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5893175>. Acesso em: 29 de set. 2025.

MOREIRA, Marco Antonio. Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [São Paulo], v. 43, p. e20200451- e20200451-8, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0451>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/xpwKp5WfMJsfCRNFCxHqLy/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 29 de set. 2025.

MUENCHEN, Cristiane; DELIZOICOV, Demétrio. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro "Física". **Ciência & Educação**, Bauru, v. 20, n.3, p. 617-638, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-73132014000300007>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/y3QT786pHBdGzxcRtHTb9c/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 29 de set. 2025.

OLIVEIRA, Guilherme Augusto de. **A História do Átomo em Exposição**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/26402>. Acesso em: 29 de set. 2025.

OLIVEIRA, Luciméria Soares de. **Histórias em quadrinhos no ensino de física**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) – Universidade Federal de Alagoas, Arapiraca, 2020. Disponível em: <https://ud10.arapiraca.ufal.br/repositorio/publicacoes/3407>. Acesso em: 29 de set. 2025.

OLIVEIRA, Ótom Anselmo de; FERNANDES, Joana D.'Arc Gomes. **Evolução dos modelos atômicos de Leucipo a Rutherford**. Natal: EDUFRN, 2006. 280p. Disponível em: https://docentes.ifrn.edu.br/denilsonmaia/evolucao-dos-modelos-atomicos/at_download/file. Acesso em: 29 de set. 2025.

OLIVEIRA, Rafaela Mendes de; MOREIRA, Daniel de Carvalho. A perspectiva na arte do renascimento. **Educação Gráfica**, [S. l.], v. 18, n.1, p.169-182, 2014. Disponível em: http://www.educacaoografica.inf.br/wp-content/uploads/2014/05/14_A-PERSPECTIVA-NA-ARTE_169_182.pdf. Acesso em: 29 de set. 2025.

PESSOA JR, Osvaldo. Quando a abordagem histórica deve ser usada no ensino de ciências. **Ciência & Ensino**, [s. l.], v. 1, p. 4-6, 1996. Disponível em:

<https://opessoa.fflch.usp.br/sites/opessoa.fflch.usp.br/files/Hist-no-EC.pdf>. Acesso em: 29 de set. 2025.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. E-book. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=zUDsAQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA4&dq=METODOLOGIA+DO+TRABALHO+CIENT%3%8DFICO:+M%3%A9todos+e+T%3%A9cnicas+da+Pesquisa+as+T%3%A9cnicas+hos+cientificos.+e+do+Trabalho+Acad%3%AAmico&ots=dd11hiyfHS&sig=1DDXP-2YLSSL7xtdoqde_8bTix4&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 29 de set. 2025.

REIS, José Claudio; GUERRA, Andreia; BRAGA, Marco. Ciência e arte: relações improváveis? **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 13, p. 71-87, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-59702006000500005>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hcsm/a/5BmmbQZ7hCm8BxJ36tyK4bd/?lang=pt>. Acesso em: 29 de set. 2025.

ROUXINOL, Estevam; PIETROCOLA, Maurício. Contribuições da história da ciência no Brasil para o ensino de física: Lattes e o méson pi. *In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA*, 9., 2004, Jaboticatubas. **Anais [...]**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2004. Disponível em: http://www.hu.usp.br/wp-content/uploads/sites/293/2016/05/Estevam_Contribuicoes_da_Historia_da_Ciencia_no_Brasil_para_o_Ensino_de_Fisica.pdf. Acesso em: 29 de set. 2025.

SAITO, Fumikazu. História da ciência e ensino: em busca de diálogo entre historiadores da ciência e educadores. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, [s. l.], v. 1, p. 1-6, 2010. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/hcensino/article/view/3069>. Acesso em: 29 de set. 2025.

SANTOS, Willian Souza dos; BALDINATO, José Otavio. **História da Ciência Ilustrada**. São Paulo: Livraria da Física, 2024. v. 1. E-book. Disponível em: https://www.livrariadafisica.com.br/detalhe_produto.aspx?id=153877&titulo=Hist%C3%B3ria+da+Ci%C3%Aancia+Ilustrada+Vol.1. Acesso em: 29 de set. 2025.

SAWADA, Anunciata Cristina Marins Braz; FERREIRA, Francisco Romão; ARAÚJO JORGE, Tania Cremonini de. Cienciarte ou ciência e arte? Refletindo sobre uma conexão essencial. **Revista Educação, Artes e Inclusão**, Florianópolis, v. 13, n. 3, p. 158-177, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5965/1984317813032017158>. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/arteinclusao/article/view/9810>. Acesso em: 29 de set. 2025.

SILVA JÚNIOR, Edvargue Amaro da Silva; BERTOLDO, Sandra Regina Franciscatto. Utilização de história em quadrinhos como estratégia no ensino de ciências da natureza. **Revista Intersaberes**, [s. l.], v. 15, n. 36, p. 680-701, 2020. DOI: <https://doi.org/10.22169/revint.v15i36.1962>. Disponível em: <https://www.revistasuninter.com/intersaberes/index.php/revista/article/view/1962>. Acesso em: 29 de set. 2025.

SILVA, Cibelle Celestino. **Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para a aplicação no ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006. Disponível em: <https://books.google.com/books?hl=pt->

BR&lr=&id=F750RivGOAgC&oi=fnd&pg=PR9&dq=SILVA,+Cibelle+Celestino.+Estudos+de+Hist%C3%B3ria+e+Filosofia+das+Ci%C3%A2ncias:+subs%C3%ADdios+para+a+aplicação%C3%A7%C3%A3o+no+ensino.+Editora+Livraria+da+F%C3%ADsica,+2006.&ots=-rGtwsuqbm&sig=Id9l8cPqNOMdy-JFzotJ-67q-5g. Acesso em: 29 de set. 2025

SIMÕES, Eduardo. O realismo fisicalista no atomismo contemporâneo pré-quântico. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, [s. l.], v. 22, p. 47-66, 2020. DOI: <https://doi.org/10.23925/2178-2911.2020v22p47-66>. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/hcensino/article/view/48293>. Acesso em: 29 de set. 2025.

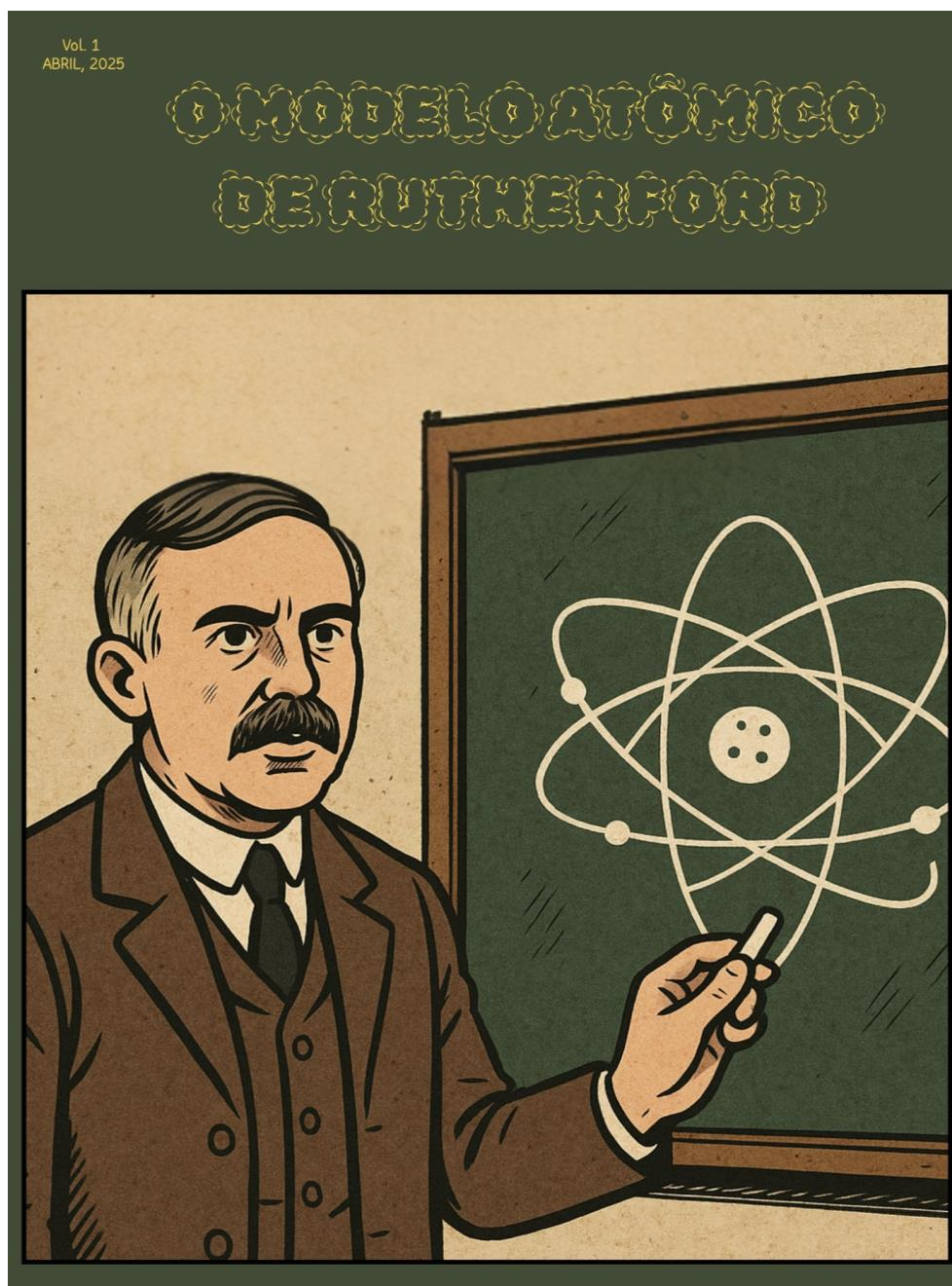
TESTONI, Leonardo André; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. A utilização de histórias em quadrinhos no ensino de física. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., 2003, Bauru. **Anais [...]**. Bauru: ABRAPEC, 2003. Disponível em: <https://abrapec.com/enpec/iv-enpec/orais/ORAL025.pdf>. Acesso em: 29 de set. 2025.

VELOSO, Ataiany; SANTOS, Patrik; RODRIGUES, Jorge; KALHIL, Josefina. O conceito de história da ciência e o seu impacto para a educação em ciências. **Revista Areté| Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, Manaus, v. 4, n. 7, p. 80-87, 2011. Disponível em: <https://periodicos.uea.edu.br/index.php/arete/article/view/25>. Acesso em: 29 de set. 2025.

VITAL, Abigail; GUERRA, Andreia. A implementação da História da Ciência no Ensino de Física: uma reflexão sobre as implicações do cotidiano escolar. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 19, p. 442-462, 2017. DOI: 10.1590/1983-21172017190127. Disponível em: http://educa.fcc.org.br/scielo.php?pid=S198321172017000100442&script=sci_abstract&tlng=es. Acesso em: 29 de set. 2025.

APÊNDICE A- Os quadrinhos criados

Figura 04: Capa da revista em quadrinhos construída



Disponível em:

<https://drive.google.com/drive/folders/17kh5klYa90SbQLNXyqvKIqKKw1GxA7PN?usp=sharing>.

APÊNDICE B - Sequência didática

Na descrição a seguir, apresentamos uma sugestão de sequência didática para o professor trabalhar os quadrinhos em sala de aula. Baseada nos Três Momento Pedagógicos de Delizoicov; Angotti (1994),

1º Momento pedagógico: Problematização Inicial (aula 1)

A intenção desse momento é analisar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema, despertando a curiosidade e gerar situações para discussão.

Objetivo: Mobilizar o conhecimento prévio dos estudantes, gerar curiosidade e levantar contradições e as visões espontâneas sobre o tema.

Estratégias: Elaboração de representações, exibição de imagens³ e vídeos curtos sobre os modelos atômicos para os estudantes.

Atividades: Inicialmente o professor pede para que os estudantes se juntem em equipes e tentem representar como seria o interior da matéria, de acordo com sua imaginação. Em seguida, o professor pode utilizar recursos audiovisuais, como a exibição de imagens e vídeos curtos disponíveis na internet, por meio de uma televisão ou projetor, para apresentar diferentes modelos atômicos, a fim de problematizar e investigar os conhecimentos prévios dos estudantes. Alternativamente, é possível compartilhar, via dispositivos móveis, imagens ou animações simples, facilmente acessíveis em plataformas digitais, que auxiliem na compreensão das características físicas. Como guia, podem ser trabalhadas as seguintes questões:- “Como você imagina que seja o interior da matéria?”

- “Como estão dispostas as cargas elétricas?”

- “O que isso nos diz sobre a estrutura do átomo?”

- “Qual dos modelos apresentados você acredita que seja a representação mais próxima da realidade?”

- “Quais destes modelos já eram conhecidos por vocês?”

• **Discussão em grupos:** Uma sugestão é que a atividade seja desenvolvida em equipes para estimular o levantamento de hipóteses sobre como os estudantes imaginam o átomo e suas concepções sobre o interior físico da matéria.

³ Sugerimos imagens em: <https://br.pinterest.com/vanessavaz184/ci%C3%A2ncias-modelos-at%C3%B4micos/>
Sugerimos vídeos do tipo: <https://www.youtube.com/watch?v=VPljleaaLfc>

- **Registro coletivo:** o professor elabora no quadro um mapa conceitual com as ideias principais dos estudantes a respeito dos modelos (características comuns, diferenças, estrutura principal etc.)

2º Momento Pedagógico: Organização do Conhecimento (aula 2 e 3)

A intenção nesse momento é apresentar os conceitos e definições sobre o tema, para que os estudantes possam compreender e discutir os conhecimentos.

Objetivo: Sistematizar os conceitos científicos com base no problema levantado, incorporando conhecimentos históricos e epistemológicos.

Estratégias: Nesse momento, o professor apresenta a HQ e explica que a aula será baseada na história contada a partir dele. Em seguida, faz uma leitura orientada da narrativa da história, apresentando os dois personagens principais.

Atividade orientadora: Para auxiliar o professor na atividade, sugerimos que ele forme equipes e rodas de discussões. Ele pode imprimir para cada grupo um exemplar dos quadrinhos e/ou utilizar uma televisão ou projetor para exibir as páginas e fazer as leituras. Como forma de orientar as discussões, sugerimos algumas questões para explorar com os estudantes os pontos-chave do episódio enfatizados pelos personagens da HQ.

- “Por que os modelos de átomo mudaram com o tempo?”
- Os cientistas tiveram influências uns dos outros?
- “Ocorreram erros nas explicações ou os modelos foram sendo apenas aperfeiçoados um após o outro?”
- Aponte os limites do modelo de Rutherford e como ele influenciou Bohr.
- “O que esse quadro está mostrando sobre o experimento de Hans Geiger e Marsden?”
- “Que ideias sobre a estrutura da matéria aparecem aqui?”
- “Essa fala do personagem representa um dado científico real ou uma simplificação?”

Atividade de reconstrução histórica:

- Estudantes reorganizam em grupos os eventos da história da radioatividade e do modelo nuclear, usando tiras da HQ misturadas para explorar os pontos principais debatidos no HQ (atividade tipo “questões chave”).

3º Momento Pedagógico: Aplicação do Conhecimento (aula 3 e 4)

A intenção nesse momento é discutir os conhecimentos físicos sobre o assunto apresentado e questões epistemológicas sobre a construção do conhecimento científico, as inconsistências históricas comumente difundidas, os erros cometidos durante o processo de construção do conhecimento científico, explorando a interpretação dos estudantes e as respostas que a HC pode nos trazer.

Objetivo: Utilizar o conhecimento problematizado para interpretar o episódio em questão, investigar as inconsistências físicas, explorar os erros cometidos, os fatos distorcidos sobre o episódio e situações novas, com foco no protagonismo e na criatividade.

Estratégias: Produção de uma oficina pelos estudantes, intitulada “**a hora da verdade**”:

Tema: “como realmente o átomo de Rutherford foi construído? Como a história deveria ser contada?”

Atividade proposta: Construir em equipes quadros explicativos contendo as inconsistências físicas dos modelos, explorar os erros cometidos, os fatos distorcidos sobre o episódio e as principais ideias sobre ciência que a história em quadrinhos trouxe para eles.

Para esta atividade, o professor pode estimular os estudantes a usarem sua criatividade e construir quadros explicativos em duas cartolinas, para cada equipe. Os estudantes serão orientados a construir estes quadros seguindo cinco pontos chave: **A natureza da ciência, dimensão humana da ciência, a relação entre teoria e experimento, o papel dos modelos na ciência e reflexões metacientíficas**. Esses pontos devem estar vinculados a questões norteadoras, que podem ser resolvidas utilizando imagens, trechos e falas dos personagens da HQ e as próprias palavras dos estudantes. A seguir, sugestões de questionamentos para o desenvolvimento de cada um dos pontos.

I. A natureza da Ciência

Questões orientadoras:

- “Por que diferentes cientistas, ao longo da história, criaram modelos distintos para explicar o átomo?”
- “O que levou cada modelo atômico a ser substituído por outro? Isso significa que os modelos antigos estavam “errados”?”
- “Como os limites tecnológicos de cada época influenciaram as descobertas sobre o átomo?”
- “Por que a Ciência erra? Como os erros ajudam a avançar?”
- “O conhecimento científico é provisório e coletivo, ou individual e imutável?”

II. A dimensão humana da Ciência

- “Você acredita que fatores como cultura, educação, ambiente de formação e contexto em que moravam podem ter influenciado as ideias de cientistas como Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr?” Justifique sua resposta.
- “Você acha que a Ciência é feita apenas por “gênios isolados”? O que a história dos modelos atômicos mostra sobre o trabalho em equipe e a colaboração científica?”

III. A relação entre teoria e experimento

- “Qual foi a importância dos experimentos (como o da folha de ouro de Rutherford) para a formulação dos novos modelos?”
- “Em que medida as observações experimentais confirmam ou desafiam as teorias científicas?”
- “O que acontece quando os resultados experimentais não correspondem ao que se esperava teoricamente?”

IV. O papel dos modelos na Ciência

- “Qual é a função de um modelo científico?”
- “Um modelo precisa representar a realidade de forma exata para ser útil? Por quê?”
- “Como os modelos atômicos ajudam a compreender fenômenos que não podemos observar diretamente?”
- “O que podemos aprender com a evolução dos modelos atômicos sobre a forma como o conhecimento científico se transforma?”

V. Reflexões metacientíficas

- “Como o estudo dos modelos atômicos pode mudar sua visão sobre o que é “fazer Ciência”?”
- “A Ciência é um processo linear de descobertas sucessivas ou envolve rupturas, erros e reconstruções?”

Avaliação formativa:

Após a construção dos quadros, sugerimos para que o professor peça que cada equipe apresente seu quadro e explique os motivos para cada imagem ou trecho e resposta apresentada. Em seguida, realize uma roda de conversa sobre o que mudou na visão de ciência dos estudantes.