



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – CAMPUS I
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM QUÍMICA - LICENCIATURA

RITA DE CASSIA ANDRADE DA SILVA

ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO DE UMA HISTÓRIA EM QUADRINHOS
PARA O ENSINO DE RADIOATIVIDADE: GAROTAS DO RÁDIO E A
PINTURA RADIOATIVA

JOÃO PESSOA – PB

2024

RITA DE CASSIA ANDRADE DA SILVA

**ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO DE UMA HISTÓRIA EM QUADRINHOS
PARA O ENSINO DE RADIOATIVIDADE: GAROTAS DO RÁDIO E A
PINTURA RADIOATIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso, requisito parcial para obtenção do grau de Licenciada em Química, submetido ao Curso de Graduação em Química – Licenciatura, da Universidade Federal da Paraíba.

Orientador: Prof. Dr. Claudio Gabriel Lima Junior

JOÃO PESSOA – PB

2024

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586e Silva, Rita de Cassia Andrade da.

Elaboração e avaliação de uma história em quadrinhos para o ensino de radioatividade : garotas do rádio e a pintura radioativa / Rita de Cassia Andrade da Silva. - João Pessoa, 2024.

61 p. : il.

Orientação: Claudio Gabriel Lima Junior.

TCC (Curso de Licenciatura em Química) - UFPB/CCEN.

1. Metodologias ativas. 2. História em quadrinhos.
3. Ensino de radioatividade. I. Lima Junior, Claudio Gabriel. II. Título.

UFPB/CCEN

CDU 54(043.2)

RITA DE CASSIA ANDRADE DA SILVA

**ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO DE UMA HISTÓRIA EM QUADRINHOS
PARA O ENSINO DE RADIOATIVIDADE: GAROTAS DO RÁDIO E A
PINTURA RADIOATIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso, requisito parcial para obtenção do grau de Licenciada em Química, submetido ao Curso de Graduação em Química – Licenciatura, da Universidade Federal da Paraíba.

Data de aprovação: 05/07/2024



Documento assinado digitalmente
CLAUDIO GABRIEL LIMA JUNIOR
Data: 08/07/2024 10:03:46-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^o Dr^o Claudio Gabriel Lima Junior (Presidente/Orientador)



Documento assinado digitalmente
RAFAELA BERNARDO PROVAZI PESCI
Data: 08/07/2024 09:33:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a Dr^a Rafaela Bernardo Provazi Pesci (DQ - UFPB)

Avaliadora



Documento assinado digitalmente
KAREN CACILDA WEBER
Data: 08/07/2024 09:52:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a Dr^a Karen Cacilda Weber (DQ - UFPB)

Avaliadora

“O correr da vida embrulha tudo, a vida é assim: esquenta e esfria, aperta e daí afrouxa, sossega e depois desinquieta. O que ela quer da gente é coragem”

João Guimarães Rosa

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, resiliência, força e sabedoria para enfrentar todos os desafios.

Aos meu pais, Marliete Andrade e Manoel Silva, gratidão por todo o amor, herança de valores, incentivo e apoio em todos os momentos. Amo muito vocês.

A minha irmã, Anna Andrade, muito obrigada por ser minha fonte de inspiração, auxílio ao longo da jornada acadêmica e por me ensinar tanto sobre a vida.

Ao professor Claudio Gabriel, pela orientação, paciência e incentivo. Obrigada pelo acolhimento, conselhos e aprendizados ao longo do curso.

Aos colegas e amigos da graduação, Ashley, Emelly, Jéssica, Alana, Debora, Ludmilla, Emanuelle, Geysa, Ellem, Maria e João de Jesus. Gratidão pela companhia e por tornarem tudo mais leve.

As minhas amigas, Daiane e Franciele, pela motivação e amizade desde o IFRN. Amei ter compartilhado a jornada acadêmica da UFPB ao lado de vocês.

Aos companheiros do LACOM, Cristiani, Sanierlly, Erica, Sara, Priscila, Fernando e Luana, pela companhia e pelos momentos divertidos durante os trabalhos no laboratório.

A Universidade Federal da Paraíba e aos professores pelos ensinamentos e contribuições ao longo do curso.

Por fim, a todos que contribuíram para a realização deste trabalho. Meu muito obrigada!

RESUMO

O desafio de despertar o interesse dos alunos pela Química no ensino médio é uma preocupação constante dos educadores, dada a percepção de que muitos consideram os conteúdos pouco envolventes e distantes da realidade. Nesse contexto, as metodologias ativas, como o uso de História em Quadrinhos (HQ), têm sido exploradas como uma alternativa promissora para tornar as aulas mais dinâmicas e atrativas. As HQ oferecem a possibilidade de introduzir conceitos científicos de forma lúdica e contextualizada, estimulando o interesse dos alunos e facilitando o processo de aprendizagem. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é a elaboração e avaliação da eficácia da HQ “Garotas do Rádio e a Pintura Radioativa” como recurso didático complementar para o ensino de radioatividade no ensino médio. Além de avaliar a receptividade dos professores, buscou-se analisar seu impacto na compreensão e aprendizagem dos conceitos para os alunos. A metodologia empregada consistiu na realização do processo de desenvolvimento da HQ, incluindo levantamento, criação e documentação. Além disso, foram conduzidas avaliações da receptividade dos professores em relação à HQ e sua contribuição para a compreensão dos conceitos de radioatividade a partir de questionários. As análises dos participantes revelam que a HQ oferece uma abordagem contextualizada, abrangente, clara e objetiva sobre o tema da radioatividade. Além disso, a maioria dos envolvidos reconheceu a eficácia da HQ como uma ferramenta de interação e engajamento com os alunos. As respostas coletadas demonstram uma ênfase particular na qualidade da abordagem do conteúdo na HQ, o que sugere que ela pode ser uma valiosa adição ao processo de ensino e aprendizagem, proporcionando uma experiência educacional enriquecedora e envolvente para os estudantes.

Palavras-chave: Metodologias ativas, História em Quadrinhos; Ensino de radioatividade.

ABSTRACT

The challenge of awakening students' interest in Chemistry in high school is a constant concern for educators, given the perception that many consider the content to be unengaging and distant from reality. In this context, active methodologies, such as the use of Comics, have been explored as a promising alternative to make classes more dynamic and attractive. Comics offer the possibility of introducing scientific concepts in a playful and contextualized way, stimulating students' interest and facilitating the learning process. In view of the above, the objective of this work is to develop and evaluate the effectiveness of the comic "Radio Girls and Radioactive Painting" as a complementary teaching resource for teaching radioactivity in high school. In addition to evaluating teachers' receptivity, we seek to analyze its impact on students' understanding and learning of concepts. The methodology used consisted of carrying out analyzes of the comic book development process, including survey, creation and documentation, with the aim of understanding its pedagogical effectiveness. In addition, assessments of teachers' receptivity to the HQ and their contribution to the understanding of radioactivity concepts were conducted based on questionnaires. Participant analyzes reveal that the comic offers a contextualized, comprehensive, clear and objective approach to the topic of radioactivity. Furthermore, most of those involved recognized the effectiveness of the HQ as a tool for interaction and engagement with students. The responses collected demonstrate a particular emphasis on the quality of the content approach in the comic, which suggests that it can be a valuable addition to the teaching and learning process, providing an enriching and engaging educational experience for students.

Keywords: Active methodologies, Comics, Teaching radioactivity.

FIGURAS

Figura 1 -Modelo cognitivo de como ocorre a aprendizagem pela TCAM	18
Figura 2 - Os doze princípios multimídia, categorizados conforme suas cargas cognitivas e suas implementações nas HQ	18
Figura 3 - HQ: Garotas do Rádio e a Pintura Radioativa	26
Figura 4 - Narrativa da HQ.....	27
Figura 5 - Perigos do rádio	27
Figura 6 - Expressões retratando sentimentos variados em cada personagem na narrativa	28
Figura 7 - Conceitos relacionados a radioatividade	29
Figura 8 - Formação dos participantes	30
Figura 9 - Experiência dos indivíduos.....	31
Figura 10 - Turmas ministradas.....	32
Figura 11 - Leciona em escola pública ou privada?	33
Figura 12 - Hábito de leitura de HQ.....	33
Figura 13 - Apreciação literária.....	34
Figura 14 - Contribuição para o ensino de radioatividade	37
Figura 15 - Abordagem do conteúdo.....	39
Figura 16 - HQ está alinhada e coesa com os temas discutidos	41
Figura 17 - O potencial das HQs em impactar positivamente o ensino e a aprendizagem de Química.....	44
Figura 18 - Elementos significativos do quadrinho.....	46
Figura 19 - Utilização da HQ	48
Figura 20 - Comentário geral sobre a HQ	50

TABELAS

Tabela 1 - Desenvolvimento da HQ	21
Tabela 2 - Questionário	23

QUADROS

Quadro 1 - Categorias de justificativas apresentadas sobre a dificuldade de leitura	34
Quadro 2 - Categorias de justificativas elencadas a contribuição no ensino da radioatividade e a história da química	37
Quadro 3 - Categorias de justificativas elencadas a abordagem do conteúdo radioatividade	40
Quadro 4 - Categorias de justificativas elencadas a conformidade e consistência dos temas tratados na HQ.....	42
Quadro 5 - Categorias de justificativas elencadas ao impacto da HQs no ensino de Química	44
Quadro 6 - Categorias de justificativas elencadas aos elementos significativos do quadrinho para compreender sua influência no processo educacional.....	46
Quadro 7 - Categorias de justificativas elencadas a incorporação da HQ nas aulas.....	48

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	3
2- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	6
2.1 História em Quadrinhos	6
2.2 Histórias em Quadrinhos no Ensino	7
2.3 História em Quadrinhos no ensino de Química	9
2.4 Radioatividade	11
2.5 Garotas do Rádio	12
2.6 História em Quadrinhos como material potencialmente significativo	15
2.7 Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia (TCAM)	17
3- OBJETIVOS	20
3.1 - Objetivos específicos	20
4- METODOLOGIA	21
4.1 - Classificação da pesquisa	21
4.2 Etapas da elaboração da História em Quadrinhos para o ensino de radioatividade	21
4.3 - Aplicação da História em Quadrinho	22
4.4 - Questionários para os docentes	22
4.5 - Procedimentos éticos	24
4.6 - Tratamento dos dados	24
5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
5.1 Descrição da HQ	26
5.2 Conceito por trás da HQ	29
5.3 Perfil do avaliador	30
5.4 Avaliação da HQ como ferramenta didática	34
6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
7 – REFERÊNCIAS	54

1- INTRODUÇÃO

Incentivar e despertar a curiosidade e interesse dos estudantes por conteúdos e tópicos relacionados à Química se caracteriza como um dos desafios enfrentados pelos educadores no ambiente da sala de aula do ensino médio; haja vista que os conteúdos desta disciplina são percebidos, por uma significativa parcela dos alunos, como pouco cativantes e distantes da realidade vivenciada (Klein *et al.*, 2017). Para Freire (2001), ensinar não se caracteriza em transferir conhecimentos, mas criar possibilidades para sua produção ou construção. Em decorrência a essa problemática, metodologias e práticas docentes são elaboradas para auxiliar o ensino e a aprendizagem (Soares, 2016).

Diante desse cenário, quando se deseja tornar as aulas mais dinâmicas e atrativas, uma das possibilidades é a proposta de metodologias ativas. Dentre as diversas existentes, o uso de Histórias em Quadrinhos (HQ) se mostra promissor. No âmbito da ludicidade, as HQ têm ganhado destaque, sobretudo no aspecto prático referente à introdução e aplicação em sala de aula como componente pedagógico instigante para impulsionar e estimular o processo de ensino e aprendizagem da disciplina de Química, e demais campos do conhecimento com alunos e educadores em formação inicial e continuada (Borges; Bandeira; Luz Jr, 2020).

Baruffi e Pisa (2015) observaram que ocorre uma carência em relação a materiais didáticos com o propósito de auxiliar o discente a compreender os conceitos científicos por intermédio da sua própria realidade. Silva (1984) destaca que as HQ são capazes de abordar diversos assuntos, como a matemática, ciências físicas e biológicas, história, comunicação e expressão, entre outros temas de interesse escolar. Nesse sentido, são capazes de despertar a atenção e interesse dos docentes para serem utilizadas como recurso didático em sala de aula. Dessa maneira, as HQ se apresentam com conteúdos suscetíveis de serem explorados pelo docente com uma concepção da aprendizagem tangencial (Leite, 2016).

As HQ dispõem de diversas possibilidades de aproveitamento em sala de aula, cujo aspecto importante durante sua utilização em ambiente escolar é a ludicidade do momento pedagógico. A maior dificuldade é enxergar o material como um artifício pedagógico (Soares 2016). Aquino e colaboradores (2015) chamam a atenção para a

utilização adequada das HQ em sala de aula. Soares (2013) enfatiza que durante a atividade pedagógica é necessário levar em consideração o prazer e o divertimento no processo de ensino e aprendizagem visando a obtenção de uma aprendizagem significativa. O potencial pedagógico das HQ com ênfase na ludicidade é relatado por Leite (2017), abordando que no contexto da educação científica, as HQ se mostram um instrumento interessante não somente no debate de conteúdos científicos, como também na dramatização e divulgação científica. Ademais, têm o potencial de incentivo à leitura. Dessa forma, as HQ podem ser utilizadas no ensino com o intuito de incentivar a leitura; a discussão de temas transversais; a contextualização; a introdução/revisão de um conceito, entre outros elementos (Vergueiro, 2018).

No contexto escolar, os documentos bases na educação nacional apontam que as HQ podem ser utilizadas pelos docentes em ambiente didático, sendo destacado nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) o uso das HQ na prática pedagógica (Brasil, 1998). Sua utilização é relacionada na área de artes quando se evidencia a necessidade de o aluno ser competente na leitura e outras formas visuais, tais como: televisão, fotografia, publicações, design, desenhos animados, entre outros. Além disso, os variados gêneros de quadrinhos se caracterizam como fonte histórica nos PCN para o ensino médio (Brasil, 1998). A Lei de Diretrizes e Bases (1996) valoriza situações do cotidiano e da vivência dos docentes. Nessa perspectiva, as HQ se apresentam como uma fonte de informação adequada para o ensino de ciências, como a Química (Junior; Gama, 2017).

Referente ao ensino de conceitos de Química, alguns tópicos são considerados difíceis, exigindo do aluno uma aptidão para o pensamento abstrato, podendo ser trabalhados nos quadrinhos associando o caráter lúdico aos fatores cognitivos (Soares, 2016). A temática da radioatividade tem sido tratada nos livros de Química do ensino médio de maneira bastante simplificada, apresentando escassas explicações, falta de contexto histórico e uma abordagem superficial (Moreis, 2015). Para Silva (2009), não ocorre uma preocupação em relação a radioatividade nos livros didáticos, especificamente se tratando de questões éticas, políticas e sociais. Diante dessa perspectiva, a HQ aqui apresentada, “Garotas do rádio e a pintura radioativa”, constitui uma narrativa promissora para se trabalhar os conceitos de radioatividade e história da química. A história das meninas do rádio enfoca o fervor da utilização de produtos radioativos, que eram considerados inofensivos e benéficos no século XX (Anwar; Lowenstein, 2015).

Dito isso, o objetivo deste trabalho é a elaboração e investigação da viabilidade da história em quadrinhos “Garotas do rádio e a pintura radioativa” como recurso didático complementar no ensino de radioatividade para professores de Química no ensino médio. Pretende-se não apenas avaliar a receptividade dos professores em relação a esse recurso, mas também analisar como ele pode contribuir para a compreensão e aprendizagem dos conceitos de radioatividade pelos alunos.

2- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 História em Quadrinhos

Guimarães (1999), faz uma crítica às definições das HQ, algumas vezes demasiadamente restritivas e outras vezes excessivamente abrangentes. Para o autor, as HQ são uma forma de expressão artística distinta, que frequentemente se mescla a outras formas de expressão ainda em desenvolvimento, e cujo conceito engloba um conjunto de produtos artísticos muito mais abrangente do que o tipo mais comum explorado pela indústria cultural. De acordo com Oliveira (2013), em sua análise sobre paraliteratura, sugere - se a utilização desse termo para definir as HQ, pois os autores consideram como um gênero literário não consagrado. No entanto, essa maneira pejorativa e preconceituosa de se referir às HQ não condiz com um gênero literário associado à transmissão de conhecimento, mesmo que seja predominantemente utilizado como entretenimento (Vergueiro; Ramos, 2008). Embora haja divergência entre os autores quanto à classificação das HQ é incontestável o alto potencial dessas narrativas como ferramenta recreativa no ensino em geral, mais especificamente, nas ciências. O estudo realizado por Carvalho e Marins (2009), por exemplo, aborda a relevância do emprego das HQ no ensino de Ciências Naturais, demonstrando resultados favoráveis à sua utilização.

Embora seja desafiador estabelecer qual foi a primeira narrativa em formato de quadrinhos, sua origem surge nos primórdios da civilização, onde já se evidenciava a preocupação em relatar eventos por meio de desenhos sequenciais nas inscrições rupestres em cavernas (Aquino *et al.*, 2015; Moya, 1993). A tirinha "Yellow Kid" (garoto amarelo), criada por Richard F. Outcault em 5 de maio de 1895 nos Estados Unidos é considerada a primeira HQ moderna (Aquino *et al.*, 2015; Vergueiro; Ramos, 2008). Nessa obra, Outcault utilizou “balões” para representar a narrativa vinculada aos personagens, uma característica amplamente utilizada nas HQ.

Desde a década de 80, as HQ têm desempenhado um papel informativo, além de entretenimento, podendo ser utilizadas como ferramentas de aprendizagem, uma vez que sua natureza ficcional é uma das características mais conhecidas (Vergueiro; Ramos, 2008). Por meio de sua linguagem peculiar, as HQ oferecem um terreno fértil para a criação de personagens e narrativas diversas, fantasiosas e criativas. Nos Estados Unidos,

surgiram as primeiras HQ com propósito educacional, retratando biografias de figuras famosas da história (Vergueiro, 2008).

No Brasil, as HQ tiveram sua estreia no cenário editorial no final do século XIX, mas somente em 1905 sua consolidação se deu com o lançamento da revista "Tico-Tico". Este periódico abordou de maneira concreta e abrangente temas intrínsecos à nossa cultura, destacando - se especialmente a narrativa da história do “descobrimento” do Brasil (Cirne, 1975).

Apesar da popularidade entre o público jovem, as HQ foram inicialmente consideradas prejudiciais, sendo acusadas de afastar as crianças dos livros e estudos sérios. Levantaram-se hipóteses sobre o impacto negativo da linguagem visual, incluindo dificuldade de raciocínio lógico, apreensão de ideias abstratas e isolamento social devido ao ambiente imaginativo dos quadrinhos. Em 1954, nos Estados Unidos, Frederic Wertham, um psiquiatra de origem alemã, publicou “Seduction of the Innocent” (sedução do inocente). Essa obra superficialmente tentou associar as HQ ao aumento da criminalidade juvenil, desconsiderando fatores como a formação educacional precária, desestruturação familiar, desemprego dos pais e falta de perspectiva de vida dos jovens. O livro disseminou um pânico moral nos anos 1950, contribuindo significativamente para o preconceito contra as HQ nos Estados Unidos e em todo o mundo, tanto em ambientes escolares quanto extraescolares (Carvalho, 2011). A barreira pedagógica persistiu por muito tempo, mas nas últimas décadas do século XX, com o desenvolvimento das ciências da comunicação, as HQ foram reavaliadas quanto ao seu impacto na sociedade (Vergueiro; Ramos, 2015).

2.2 Histórias em Quadrinhos no Ensino

No âmbito da educação científica, as HQ surgiram em 1950, mediante a publicação da revista “Ciência em Quadrinhos”, marcando o ponto de partida na educação voltada para a ciência (Djota, 2006). Entretanto, para Vergueiro e Ramos (2013), sua integração no contexto escolar teve um início gradual, sendo empregada inicialmente para ilustrar textos ou para auxiliar na explicação de conteúdos que demandavam uma representação visual. Por um período considerável, as instituições educacionais não conferiam a devida importância às HQ como meio de mediação no ensino. Diante dessa postura, transcorreu um longo intervalo até que a comunidade acadêmica passasse a

reconhecer a relevância desse instrumento metodológico como facilitador e estimulador no processo de ensino e aprendizagem (Santos; Pereira, 2013; Vergueiro; Ramos, 2013).

As HQ representam formas de comunicação amplamente reconhecidas globalmente. Conforme destacado por Vergueiro e Ramos (2013), essas narrativas gráficas são consideradas gêneros textuais que se destacam como métodos alternativos e/ou recursos didáticos, possuindo características lúdicas que capacitam o educador a aprimorar suas estratégias de ensino e proporcionam ao aprendiz diversas formas de assimilação do conhecimento. Quanto ao aprimoramento das habilidades pelos educadores, a incorporação das HQ na sala de aula deve ser considerada como uma oportunidade para reflexão por parte dos professores que se comprometem a adotá-las, visto que sua aplicação não constitui uma tarefa trivial e descomplicada (Vasconcelos; Silva, 2017).

O docente deve adquirir um entendimento básico dos componentes que integram a linguagem própria das narrativas em HQ, a fim de empregá-las como instrumentos pedagógicos de maneira eficaz, promovendo processos de aprendizagem cativantes e prazerosos que contribuam para o desenvolvimento do pensamento crítico. Isso ocorre pois as HQ apresentam elementos lúdicos e uma linguagem cognitiva que associa de maneira familiar a imagem e o texto, atendendo às expectativas dos alunos acostumados às informações audiovisuais (Santos, 2017).

As qualidades lúdicas presentes nas HQ as assemelham aos jogos e, em certa medida, também à prática científica, pois instigam o leitor a engajar-se com as ilustrações, interagir com os personagens, formular conceitos explicativos e antecipar os desfechos prováveis das tramas narrativas (Barros; Ramos; Ramos, 2019). As representações visuais das HQ frequentemente representam concepções oriundas do domínio da imaginação, difundindo mensagens não expressas verbalmente, muitas vezes indescritíveis por meio de palavras. Essa abordagem facilita e enriquece a comunicação ao viabilizar a transmissão de emoções, sentimentos, costumes e tradições (Januário; Nobre, 2019).

Com a promulgação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) nº 9.324/96, foi evidenciada a necessidade de inserção de manifestações artísticas e outras linguagens no ensino fundamental e médio com o intuito de diversificar o conhecimento do aluno. Diante disso, a orientação aos profissionais da educação ficou pautada em assegurar a excelência do padrão de ensino, estabelecer uma conexão entre a educação escolar, o trabalho e as práticas sociais, e reconhecer a importância da vivência extraescolar, entre outros aspectos (Brasil, 1996). Assim, as HQ, enquanto expressão

cultural, experimentaram um aumento significativo em sua utilização como instrumentos pedagógicos nos últimos anos, abrangendo diversas disciplinas escolares, desde a física (Cavalcante; Novais; Ferreira, 2019) até a química (Ornellas; Melo, 2020).

Adicionalmente, a LDB (1996) incentiva a valorização de situações do dia a dia e da experiência das crianças e dos jovens. Nesse contexto, as HQ representam uma fonte de informação altamente proveitosa e apropriada para o ensino (Junior; Gama, 2017; Leite, 2017). Outro documento orientador, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), incentivam os educadores a explorarem recursos pedagógicos inovadores, promovendo aquisição de conhecimentos e habilidades relacionadas à interpretação de formas visuais em diversas mídias (Brasil, 1998). As HQ fazem parte do dia a dia da grande maioria dos alunos desde a fase infantil, sendo que eles as vinculam a experiências agradáveis. Essas narrativas gráficas constituem um meio de comunicação amplamente acessível, com um formato que se beneficia de ampla disseminação (Lacerda, 2019).

Na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), as HQ estão presentes no ensino fundamental, em língua portuguesa: no objeto de conhecimento “leitura de imagens em narrativas visuais”; nas habilidades “(EF12LP05) Planejar e produzir, em colaboração com os colegas e com a ajuda do professor, (re)contagens de histórias, poemas e outros textos versificados (letras de canção, quadrinhas, cordel)”; “(EF67LP28) ler, de forma autônoma, e compreender [...] romances infantojuvenis, contos populares, contos de terror, lendas brasileiras [...] histórias em quadrinhos, mangás”; “(EF67LP30) criar narrativas ficcionais, tais como contos populares, contos de suspense, mistério, terror, humor, narrativas de enigma, crônicas, histórias em quadrinhos, dentre outros, que utilizem cenários e personagens realistas ou de fantasia”; “(EF06LI15) Produzir textos escritos em língua inglesa (histórias em quadrinhos, cartazes, chats, blogues, agendas, fotolegendas, entre outros)” (Brasil, 2018).

2.3 História em Quadrinhos no ensino de Química

As HQ surgem como uma alternativa promissora. O emprego dessas narrativas gráficas tem ganhado destaque recentemente em ambientes educacionais, possibilitando a utilização desse recurso tanto para fins de entretenimento quanto para promover discussões acerca de conceitos científicos (Cardoso *et al.*, 2022).

No cenário da Química, as HQ deram seus primeiros passos explorando narrativas de ficção científica, incorporando o uso de substâncias químicas fictícias, exemplificadas

pela contaminação por elementos radioativos no “Hulk” ou pelo poder destrutivo da “criptonita” do "Superman" (Aquino et al., 2015). Existe possibilidade de promover a interdisciplinaridade entre Ciências e História ao utilizar os quadrinhos de super-heróis como recurso, mesmo que estes apresentem conceitos científicos de forma fantasiosa ou incorreta. Estes quadrinhos exemplificam de maneira impactante as transformações sociais e políticas decorrentes do avanço científico e tecnológico, conforme observado por Vilela (2010).

Durante as décadas de 80 e 90, foram publicados quatro artigos intitulados "Chemistry in the Comics" (química nos quadrinhos) no *Journal of Chemical Education* (revista de educação química) (Carter, 1988, 1989a, 1989b, 1990). Essas publicações ressaltaram eventos históricos e anedotas fascinantes relacionadas às HQ e à Química. Desde então, observa-se um crescimento gradual nas publicações que abordam a importância da incorporação desses termos no ambiente escolar (Santos; Pereira, 2013).

Santos e Pereira (2013) discutem os aspectos positivos da incorporação de HQ como atividade introdutória e de reflexão para questões relacionadas à prática de ensino com estudantes de licenciatura em Química. Os autores revelam que o uso de HQ pode ser uma ferramenta eficaz para estimular a discussão e incentivar a reflexão por parte dos futuros professores. Soares (2016) ressaltam a avaliação de HQ por estudantes do ensino médio, bem como a criação de uma narrativa em formato de quadrinhos por eles mesmos. De acordo com os autores, essa atividade possibilitou a introdução de uma abordagem lúdica no contexto das aulas de química, envolvendo o processo criativo dos alunos e a aquisição de conhecimentos científicos através da elaboração da HQ com o tema da radioatividade. Francisco Junior e Gama (2017) indicam que a leitura de quadrinhos é igualmente complexa em comparação com outros gêneros textuais, sendo fortemente influenciada pelo domínio textual e linguístico.

Segundo Borges, Bandeira e Junior (2020), ao incorporarem a HQ no ensino da Química, observaram que os estudantes manifestaram uma marcante facilidade em assimilar a linguagem peculiar desse estilo textual. Essa experiência pode ser associada às características lúdicas intrínsecas das HQ e à leitura envolvente, muitas vezes contendo elementos humorísticos. Esse contexto proporcionou aos alunos a capacidade de estabelecer conexões entre o enredo e suas vivências cotidianas, permitindo-lhes expandir sua compreensão do mundo ao seu redor.

Além de servir como ferramenta para a assimilação de conceitos de química, o docente tem a oportunidade de explorar a HQ para diversas finalidades, tais como

introdução de um tema, aprofundamento de um conceito, fomento de discussões em sala de aula, ilustração de ideias, problematização e contextualização de temáticas, entre outras. Ao incorporá-las, o professor coloca o estudante no papel de construtor do seu próprio conhecimento, possibilitando o desenvolvimento da criatividade e compreensão dos conceitos científicos à medida que constrói sua narrativa, uma vez que sem esse processo, a construção da história torna-se inviável (Kundlatsch; Silveira, 2018).

Conforme exposto na revisão bibliográfica conduzida por Santos, Silva e Oliveira (2016), constatou-se que os trabalhos relacionados ao uso das HQ no ensino de química estão predominantemente focados em artigos nos quais os alunos da educação básica produzem as HQ, enquanto há uma quantidade menor de artigos nos quais os professores são responsáveis pela criação das HQ, ou outros textos que se concentram na compreensão da linguagem das HQ presentes nos livros didáticos de ciências naturais. As autoras Camargo e Rivelini-Silva (2017) chegaram a conclusões semelhantes.

2.4 Radioatividade

A presença da radioatividade permeia diversas esferas da nossa atualidade, desde sua aplicação na área médica para o tratamento de tumores cancerígenos até seu papel na geração de energia elétrica. Adicionalmente, esse tópico se apresenta nos programas educacionais e nos materiais didáticos das disciplinas de Química e Física, abordando conceitos que abrangem as distintas formas de radiação provenientes de elementos e compostos radioativos, bem como temas correlatos como decaimento radioativo e tempo de meia vida (Brasil, 2018).

Na BNCC, a radioatividade está presente em Ciências da Natureza e suas Tecnologias no ensino médio na habilidade “(EM13CNT103) utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica” (Brasil, 2018).

A radioatividade constitui um ramo da química que investiga tanto a desintegração quanto a junção de um núcleo atômico, podendo ocorrer de maneira espontânea ou não, resultando na emissão de partículas, ondas eletromagnéticas, ou ambas, para o meio circundante. As pesquisas sobre esse fenômeno ocorreram em 1895, quando o físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen, ao explorar as descargas elétricas em um tubo de raios catódicos, descobriu os raios X. Em 1896, Antoine Henri Becquerel aprofundou a

investigação da radioatividade utilizando minério de urânio. Pouco tempo depois, tornou-se pública a contribuição do casal Curie, Pierre e Marie, que juntos revelaram a descoberta dos raios emitidos pelo urânio (Martins, 1990).

O aprofundamento dos conceitos da radioatividade propicia uma compreensão mais sólida do funcionamento da ciência, conforme destacado por Junior e Silva (2022). Os pesquisadores conduziram uma análise minuciosa dos manuais didáticos, visando identificar nuances relacionadas à natureza da ciência na abordagem desse tema, com o intuito de verificar se os materiais didáticos refletiam perspectivas de uma ciência indutiva, problemática e desprovida de teorias. Eles constataram que a maioria dos livros destaca os cientistas responsáveis pela compreensão da radioatividade, abrindo espaço para explorar o papel das mulheres nas ciências, destacando a figura da cientista Marie Curie. Entretanto, destaca que a inclusão de elementos históricos, quando efetuada, ocorre no momento da apresentação de novos conteúdos ou em segmentos designados como “suplementares”, de forma desvinculada dos conceitos abordados. Assim, as conversas acerca da história da ciência não se dão para permear debates, mas sim com a finalidade de instigar o interesse dos estudantes ou satisfazer determinadas curiosidades.

Nesse sentido, ainda que os educadores experimentem uma sensação maior de confiança ao empregar o livro, é sugestivo que não se limitem a ele, evitando assim cair na armadilha de estabelecer um método de ensino convencional, centrado na mera transmissão e absorção de informações. Tal abordagem, se adotada, poderá acarretar repercussões significativas na qualidade do ensino proporcionado aos estudantes (Mortimer; Santos, 2012). É fundamental procurar por recursos adicionais que tenham a capacidade de enriquecer os saberes e teorias expostos nos livros didáticos, contribuindo assim para a realização de debates variados que conduzam a uma compreensão abrangente do conteúdo abordado. Essa abordagem possibilitará que o estudante assimile o conhecimento científico e o aplique no seu dia a dia, promovendo, assim, a construção de uma formação voltada para a cidadania (Nunes; Mesquita, 2021). Isso posto, uma alternativa para os professores é utilizar as HQ.

2.5 Garotas do Rádio

A narrativa das garotas do rádio teve início em 1917, no estado de Nova Jersey, nos Estados Unidos, quando a empresa United States Radium Corporation (USRC), de pintura de mostradores e ponteiros de relógios, utilizava substâncias radioativas para criar

um efeito luminoso no escuro. Devido à escassez de trabalhadores do sexo masculino durante a Primeira Guerra Mundial, muitas mulheres jovens foram contratadas por suas habilidades manuais e custo de mão de obra reduzido para fabricar esses objetos (Martland, 1929).

As funcionárias recebiam salários proporcionais à sua produtividade, ou seja, quanto mais ponteiros e marcadores pintassem, mais dinheiro ganhavam. A fim de agilizar o trabalho, eram instruídas pelos supervisores a lamber as pontas dos pincéis para deixá-las finas e obter maior precisão na pintura. Nesta situação, concedia-se a elas a permissão de realizar suas refeições nas proximidades de suas bancadas de trabalho, possibilitando o ato de se alimentar enquanto estavam em horário de expediente. Questionados acerca de eventuais riscos associados à ingestão ou contato do produto com os lábios, os representantes da empresa afirmavam de maneira enfática que não havia nenhum perigo vinculado à presença de rádio na composição. Com a segurança afirmada, as mulheres exploravam o uso da substância de maneira recreativa durante suas atividades laborais. Existem registros de que essas jovens aplicavam a tinta nos dentes, face, cabelos e vestimentas, com a intenção de surpreender familiares após o término do expediente. Com o tempo, várias dessas mulheres desenvolveram doenças graves, como problemas nas articulações, tumores em diversas partes do corpo, deformidades na mandíbula e nos ossos faciais e necrose tão severa que os ossos da boca se desintegravam ou quebravam ao menor toque dos médicos (Evans, 1933; Martland, 1929; Moore, 2016).

No ano de 1924, surgiram situações de enfermidades e óbitos que se encerraram sem a atribuição dos sintomas à área de trabalho das enfermas. A USRC, empresa responsável pela contratação dessas jovens, já tinha conhecimento dos riscos causados pela exposição à radioatividade desde pelo menos 1925, quando Frederick Hoffman publicou estatísticas sobre os efeitos necrosantes do rádio. Apesar de estar ciente dos perigos potenciais, a empresa contratou um médico para defender o uso do rádio na indústria e manteve os empregos por alguns anos. Esse médico distribuiu exames com resultados falsos negativos para um número desconhecido de mulheres. Muitas delas nem sabiam da gravidade do dano que estavam sofrendo (Martland, 1929).

Na busca por esclarecimentos sobre os óbitos e enfermidades dessas mulheres em 1924, médicos e pesquisadores examinaram as condições de trabalho na fábrica onde as operárias atuavam. Durante testes conduzidos em salas escuras, observaram que os dentes, cabelos, vestimentas e até mesmo as peças íntimas das pintoras estavam contaminados com vestígios da tinta. A conclusão a que chegaram foi a de possível

envenenamento, destacando a vulnerabilidade das condições de trabalho quanto à segurança contra a exposição à radioatividade, a qual, segundo eles, era significativa naquele ambiente. Propuseram modificações ao ambiente de trabalho, contudo, o líder da empresa rejeitou tais sugestões e ainda buscou uma batalha judicial para impedir a divulgação da pesquisa (Martland, 1929).

Ao buscar justificativas para defender as operações da empresa, ao declarar de diversas maneiras que a tinta não acarretava riscos para as pintoras, o pesquisador Frederick Flinn divulgou alguns estudos em 1926, promovendo essa perspectiva de pensamento (Leal; Forato, 2021).

Em maio de 1927, cinco mulheres ingressaram com uma ação judicial contra a fábrica perante a suprema corte do estado de Nova Jersey. Elas buscavam compensações pela enfermidade e o reembolso das despesas médicas. Iniciar esse processo foi uma tarefa árdua, uma vez que encontrar um advogado disposto a representar essas mulheres era desafiador, considerando que estavam financeiramente desfavorecidas e muitos profissionais hesitavam devido à falta de clareza técnica, uma vez que os casos não pareciam se enquadrar na categoria de doenças por envenenamento, sujeitas a indenizações trabalhistas. Uma intervenção crucial da Liga Nacional de Consumidores (National Consumer's League), em 1927, persuadiu o advogado recém-formado pela escola de direito de Harvard, Raymond Berry, a assumir o caso dessas mulheres. Elas ficaram conhecidas como “as cinco condenadas” (Deville; Steiner, 1997).

Um momento crucial para potencializar as chances de sucesso das mulheres envolvidas no caso do rádio foi a solicitação de exumação do corpo de Amélia Maggia, que faleceu em 1922, tendo a sífilis como causa registrada no atestado de óbito. Em outubro de 1927, o toxicologista Alexander Gettler identificou a presença de 11,36 mg de rádio em apenas 22% da massa corporal de Amélia; proporcionalmente, estimou-se que em todo o seu corpo havia mais de 48 mg de rádio. A análise de Gettler também investigou os tecidos do corpo em busca de outras substâncias venenosas, no entanto, somente o rádio foi encontrado. A partir desses casos, tornou-se evidente para a imprensa e a sociedade em geral que a morte de Amélia não ocorreu por sífilis, como argumentavam as versões negacionistas desde o início dos casos, buscando desacreditar tanto Amélia quanto as outras mulheres que buscavam seus direitos (Martland, 1929; Moore, 2016).

Em 11 de junho de 1928, um acordo foi realizado. A parte acusadora não se viu plenamente contente com o desfecho do processo, mas optou por aceitar o acordo devido

à condição de saúde em que as mulheres envolvidas no caso do rádio se encontravam (Leal & Mello Forato, 2021).

Devido a todos os eventos e repercussão do caso na mídia dos Estados Unidos, as notícias sobre as já famosas “garotas do rádio” ou “as cinco condenadas” atravessaram o oceano, alcançando a Europa. Na França, essas histórias chegaram aos ouvidos de Marie Curie, uma das figuras destaque no avanço dos estudos sobre radioatividade, que recebeu duas distinções do prêmio Nobel por suas contribuições nesse campo. Ao comentar sobre os incidentes em Nova Jersey, demonstrou surpresa diante da permissão do governo norte-americano para essa manipulação caótica de materiais radioativos por empresas no país. Em sua perspectiva, considerou essa prática como criminosa em relação às vítimas envolvidas (Martland, 1929).

Trata-se de um evento triste da história científica que também pode ser instrutivo ao discutir o progresso científico e seus desafios. Existem diversas razões que podem ser empregadas para situar esse evento histórico dentro de um ambiente educacional voltado para as ciências.

2.6 História em Quadrinhos como material potencialmente significativo

A Teoria do Desenvolvimento Cognitivo concebida por David Ausubel, também denominada como Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), foi elaborada em 1963. Essa teoria postula que, para que a aprendizagem ocorra de maneira eficaz, é necessário considerar o conhecimento prévio do aluno, ou seja, aquilo que ele já sabe: “o fator isolado mais crucial que influencia a aprendizagem é o conhecimento prévio do aluno. Assegure-se disso e ensine adequadamente” (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980).

Conforme indicado por Ausubel, Novak e Hanesian (1980), a aprendizagem significativa configura-se como um procedimento cognitivo no qual o indivíduo estabelece conexões entre uma nova informação não arbitrária (de maneira plausível, evitando casualidade ou aleatoriedade) e substantiva (não interpretada de forma literal ou “ao pé da letra”), de modo a interagir de forma harmoniosa com os conhecimentos prévios adquiridos.

O conceito de não-arbitrariedade e substantividade são intrínsecos para a compreensão da aprendizagem significativa. A não-arbitrariedade se caracteriza como a relação lógica e explícita que ocorre entre os conceitos existentes na estrutura cognitiva do aprendiz e os novos conceitos adquiridos a partir do material utilizado no processo de

ensino, dando origem ao subsunçor. A substantividade ocorre quando os novos conceitos (subsunçores) são acondicionados, fazendo parte da estrutura cognitiva. Neste momento, o aprendiz será capaz de explicar esses novos conceitos de forma compreensível, utilizando suas próprias palavras e não de forma memorística (Aviles; Galembeck, 2017).

Ao abordar os elementos que promovem a aprendizagem de forma significativa, Ausubel (2003) ressalta que, para que ocorra, é essencial que o aluno demonstre predisposição para aprender. Além disso, é fundamental que ele possua conhecimentos prévios relevantes em sua estrutura cognitiva, os quais servirão como base para ancorar novos aprendizados. A elaboração de HQ que leve em consideração essa apresentação de conhecimentos prévios, aplicando princípios do processamento essencial, pode propiciar essa aprendizagem de maneira mais efetiva, mantendo o caráter motivacional intrínseco das HQ (Santos, 2019).

Uma forma de utilizar as HQ de forma a estimular a aprendizagem significativa é considerar a base da teoria Ausebeliana (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980):

a) A elaboração e a estruturação do material educativo devem ser intrinsecamente relevantes para o estudante, ou seja, o conteúdo presente nesse material deve possuir uma essência que seja familiar ao aprendiz, com um caráter significativo, capaz de se conectar à estrutura cognitiva do aluno (Pozo e Crespo, 2009; Moreira 2012).

b) O aluno deve ter disposição para aprender de maneira significativa. Nesse contexto, o estudante precisa estar motivado e inclinado a relacionar o material de forma coerente com as novas informações assimiladas aos seus conhecimentos prévios, a fim de que se integrem à sua estrutura cognitiva (Pozo; Crespo, 2009; Moreira 2012). De acordo com a teoria de aprendizagem de Ausubel (2003), ambas as condições devem ocorrer simultaneamente para que ocorra uma aprendizagem significativa.

A utilização de material potencialmente significativo representa uma das exigências para que ocorra uma aprendizagem significativa. Entretanto, o êxito não será alcançado relacionado ao fator da “inclinação do estudante para aprender”. Essa condição é um tanto mais intrincada, uma vez que implica a disposição do aluno. Não é suficiente ter um material potencialmente significativo capaz de operar de forma não arbitrária e não literal se o indivíduo não estiver disposto, mas apenas a memorizar e decorar o conteúdo de maneira mecânica. Por outro lado, não importa o quão inclinado esteja o aluno se o material oferecido não for potencialmente significativo e nem relacionável à sua estrutura cognitiva (Moreira, 2016).

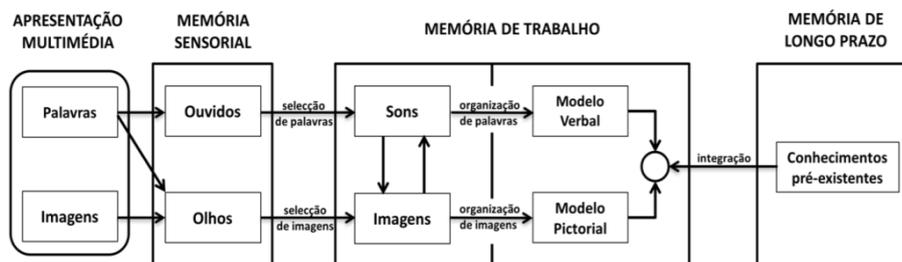
Santos (2019) pondera acerca da necessidade de realizar estudos visando a elaboração de um material potencialmente significativo, fazendo uso de linguagens verbal e visual. Para alcançar tal propósito, uma alternativa é adotar a Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia (Mayer, 2009). De acordo com essa teoria, as pessoas assimilam de maneira mais eficaz quando são estimuladas por meios ou dispositivos que promovem a interação entre imagens e palavras, em contraste com a estimulação apenas por palavras em um texto.

2.7 Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia (TCAM)

A Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia (TCAM), formulada pelo pesquisador Richard Mayer em 2001, junto a outros colaboradores, fundamenta-se principalmente na ideia de que “a assimilação é mais eficaz quando combinamos palavras e imagens do que quando se utiliza apenas palavras” (Mayer, 2012). De acordo com as observações do autor, “a mera inclusão de imagens junto às palavras não assegura uma aprimoração na aprendizagem, ou seja, nem todas as exposições multimídia apresentam eficácia equivalente.” A TCAM concentra-se não apenas nas informações, mas, de maneira mais abrangente, busca contribuir para a compreensão de como as pessoas aprendem ao integrar palavras e imagens, seguindo os princípios da ciência cognitiva (Mayer, 2012).

A teoria cognitiva de Mayer (2009) considera que o processamento de informações através dos canais visuais e auditivos envolve três categorias de memória: memória sensorial, memória de trabalho e memória de longo prazo. As representações visuais e linguísticas de uma apresentação multimídia são captadas pelos olhos e ouvidos, sendo então processadas pela memória sensorial, que as separa e retém temporariamente. Posteriormente, essas informações são transferidas para a memória de trabalho, encarregada de manipular e organizar as imagens e as palavras em esquemas pictóricos e verbais, respectivamente. Em seguida, esses elementos são integrados à memória de longo prazo, onde se armazena uma quantidade substancial de conhecimentos do estudante ao longo de um extenso período. Representado na Figura 1.

Figura 1-Modelo cognitivo de como ocorre a aprendizagem pela TCAM



Fonte: Mayer, 2001

No que diz respeito ao recurso educacional, seja em formato impresso ou digital, que será desenvolvido ou empregado pelo educador em sala de aula, Mayer (2009) sustenta que a sobrecarga visual e/ou auditiva compromete a eficácia de sua utilização pelo aluno. Dada a limitação cognitiva da mente humana, o processamento simultâneo de diversas informações resulta em uma carga cognitiva excessiva, dificultando o processo de aprendizagem. Para amenizar tal problema, Mayer (2009) concebeu, com base em análises estatísticas, 12 princípios fundamentados em três modalidades de carga cognitiva do indivíduo, visando otimizar e facilitar a aprendizagem por meio da utilização de materiais didáticos.

Na figura 2 é apresentado um ampliamto da carga cognitiva existente, incluindo o gênero de princípio, comentários e a implementação em HQ no contexto educacional.

Figura 2 - Os doze princípios multimídia, categorizados conforme suas cargas cognitivas e suas implementações nas HQ

Tipo de Carga Cognitiva	Princípio	Comentário	Aplicação em HQs para o ensino
Reduzir o Processamento Estranho	Coerência	Qualquer conteúdo ou informação que for apresentada deve ser clara, coerente e objetiva. Por isso deve ser eliminada qualquer imagem, palavra ou som do material que seja irrelevante ou estranho ao aprendiz.	Texto e imagem se auto complementam.
	Sinalização	As pessoas aprendem melhor quando são adicionados sinais/pistas que envolvam o destaque de palavras e imagens que sejam essenciais para o aprendizado. Muito útil quando o indivíduo possui pouca habilidade de leitura.	Cada quadrinho obriga o leitor a ler o próximo.
	Redundância	As pessoas aprendem melhor quando uma animação possui somente a imagem + narrativa (no idioma do expectador), do que uma animação que possui imagem + narrativa + legenda (texto escrito).	Este é um princípio direcionado exclusivamente para uma animação. Não se aplica aos quadrinhos.
	Contiguidade Espacial	As pessoas aprendem melhor quando as palavras e imagens correspondentes são apresentadas próximas uma da outra, ou seja, na mesma página (impressa ou digital). Caso contrário, haverá custo de recursos cognitivos e diminuição no aprendizado.	Os variados tipos de balões, linhas cinéticas e recordatórios, se encontram diretamente ligados com os personagens no mesmo quadro.
	Contiguidade Temporal	As pessoas aprendem melhor quando as palavras e imagens correspondentes são apresentadas simultaneamente, em vez de sucessivamente. Dessa maneira é mais provável a construção de conexões mentais entre representações verbais e visuais no momento da leitura.	Textos e imagens são apresentados simultaneamente no mesmo quadro.
Gerenciar o Processamento Essencial	Segmentação	As pessoas aprendem melhor quando um determinado conteúdo é fragmentado numa sequência coerente para facilitar o aprendizado, e não de uma única vez. Quanto mais divisões possuir o material com o conteúdo a ser aprendido, maior o controle do ritmo do aprendiz em passar para a outra parte.	A natureza dos quadrinhos já é fragmentada.
	Pré-formação	As pessoas aprendem melhor, quando já conhecem os nomes e as características dos principais conceitos existentes no material; caso contrário, é necessário haver uma pré-formação no vocabulário que será utilizado pelo estudante antes da leitura.	Os conceitos e termos existentes nas HQs estão geralmente ancorados na imagem, facilitando sua interpretação.
	Modalidade	As pessoas aprendem melhor quando a animação é formada pela imagem e narração (no idioma do expectador), do que quando formada pela imagem e legendas (texto escrito).	Este é um princípio direcionado exclusivamente para uma animação. Não se aplica aos quadrinhos.
Promover o Processamento Generativo	Multimídia	É a base da teoria de Mayer (2009). A utilização de palavras e imagens de forma única, favorece muito mais o aprendizado, proporcionando muito mais conexões cognitivas, do que a utilização somente de palavras.	É inerente aos quadrinhos.
	Personalização	As pessoas aprendem melhor quando o material utilizado apresenta palavras no estilo coloquial, como se fosse uma conversa entre pessoas, do que no estilo formal.	A informalidade das HQs, em muitos casos, promove uma conversação interna com o leitor.
	Voz	As pessoas aprendem melhor quando as palavras são faladas por voz humana do que por uma voz robotizada. Isto é necessário para ambientalizar o indivíduo numa comunicação sociável.	O leitor de quadrinhos pode fazer qualquer tipo de voz mental para cada um dos personagens e do narrador.
	Imagem	Numa animação, as pessoas aprendem melhor quando a imagem do orador é adicionada à tela.	É inerente aos quadrinhos (em qualquer suporte) não sendo uma exclusividade da animação.

Fonte: Santos, 2019

3- OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é a elaboração e investigação da viabilidade da história em quadrinhos “garotas do rádio e a pintura radioativa” como recurso didático complementar no ensino de radioatividade para professores de Química no ensino médio. Pretende-se não apenas avaliar a receptividade dos professores em relação a esse recurso, mas também analisar como ele pode contribuir para a compreensão e aprendizagem dos conceitos de radioatividade pelos alunos.

3.1 - Objetivos específicos

- Analisar o processo de elaboração e desenvolvimento da HQ;
- Observar o potencial pedagógico da HQ no contexto do ensino de radioatividade destinado aos educadores de Química do ensino médio;
- Compreender o impacto da HQ no ensino da radioatividade e sua eficácia pedagógica.

4- METODOLOGIA

4.1 - Classificação da pesquisa

O presente trabalho se configura como uma pesquisa qualitativa e quantitativa, na qual diferentes métodos interpretativos são utilizados com o intuito de descrever e decodificar os elementos de um sistema complexo de significados. No sentido de expressar os fenômenos do mundo social, espera-se, dessa forma, reduzir a distância entre indicador e indicado, teoria e dados, contexto e ação (Maanen, 1979).

4.2 Etapas da elaboração da História em Quadrinhos para o ensino de radioatividade

A HQ foi desenvolvida em três etapas distintas: coleta e avaliação de informações; elaboração e documentação; e desenvolvimento. Cada fase com suas próprias etapas e explicações correspondentes são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Desenvolvimento da HQ

Fases	Etapas	Descrições
Coleta e avaliação de informações	Abordagem para elaboração de história em quadrinhos	Investigações acerca do procedimento de concepção de narrativas em quadrinhos
	Procura por fontes de inspiração	Procura por itens análogos ao conteúdo a ser elaborado, como: "Maus" e "Guia mangá bioquímica"
	Revisão bibliográfica	Investigação na literatura para a elaboração da história (manuais didáticos de ensino fundamental e médio, obras acadêmicas e publicações científicas).
	Ideia	Originado da história das garotas do rádio como elemento histórico e científico

Elaboração e documentação	Enredo	Elaborou-se uma trama fundamentada em uma estratégia predefinida para contar narrativas, seguindo o modelo da “divulgação científica”
	Roteiro	Elaboração de registros contendo detalhes sobre painéis e interações verbais
	Storyboard	Esboço da história em quadrinhos como antecipação da versão definitiva do conteúdo
	Arte gráfica	Ilustrações elaboradas e coloridas no Pixton e Microsoft Bing
Desenvolvimento	Figuras e ambientações	Idealização das figuras e ambientes a partir da revisão bibliográfica
	Letras	Seleção da tipografia, incorporação dos diálogos e representação de efeitos sonoros
	Diagramação	Disposição dos componentes nas páginas

Fonte: autoria própria (2024)

4.3 - Aplicação da História em Quadrinho

A história em quadrinhos foi empregada a professores que lecionam Química no ensino médio nos Estados da Paraíba - PB e Rio Grande do Norte - RN, com o propósito de averiguar a viabilidade do material como recurso didático complementar no processo educacional.

4.4 - Questionários para os docentes

O questionário elaborado para os docentes tem como viés metodológico a investigação a respeito da utilização do quadrinho como material didático com o intuito de auxiliar no processo de ensino e aprendizagem da radioatividade. A fim de validar o material, os dados foram reunidos por meio de um questionário distribuído online e formatado na plataforma *Google Forms*, o qual foi disponibilizado juntamente com a HQ.

Por meio desse método, tornou-se viável efetuar uma avaliação qualitativa e quantitativa, aprimorando a compreensão do perfil dos avaliadores e suas considerações acerca das potencialidades e limitações pedagógicas do material. Os questionamentos foram categorizados em dois conjuntos: objetivas e dissertativas, como ilustrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Questionário

Perfil do avaliador

1) Qual a sua formação? detalhe seu percurso acadêmico e profissional, expondo de maneira minuciosa sua formação:

2) Trabalha em escola pública ou particular? Pública Particular. Forneça detalhes sobre o período em que você está envolvido(a) no exercício docente, descrevendo seu tempo de experiência na educação:

3) Quais as turmas que você leciona? 6º Ano (Fundamental) 7º Ano (Fundamental) 8º Ano (Fundamental) 9º Ano (Fundamental) 1º Série (Médio) 2º Série (Médio) 3º Série (Médio)

4) A escola é regular ou integral? Integral Regular

5) Você costuma ler História em Quadrinhos?

Sim Não

Caso afirmativo, quais?

6) Você costuma ler História em Quadrinhos?

Sim Não

Caso afirmativo, quais?

Critérios pedagógicos da HQ

1) Em sua opinião, a leitura das “Garotas do Rádio e a Pintura Radioativa” foi:

Muito difícil Difícil Razoavelmente fácil Fácil

Indique motivos que justifiquem sua resposta:

2) Você acha que a história das “Garotas do Rádio e a Pintura Radioativa” presente no quadrinho pode contribuir no ensino da radioatividade e a história da química?

Muito Razoavelmente Pouco Nada

Justifique sua resposta:

3) A abordagem do conteúdo radioatividade na “Garotas do Rádio e a Pintura Radioativa” foi (pode ser assinalado mais de um item):

Objetiva Desafiadora Superficial Clara Abrangente Contextual

Justifique sua resposta:

4) A história em quadrinhos está em conformidade e consistência com os temas tratados?

Muito Razoavelmente Pouco Nada

Justifique sua resposta

5) Você acha que o material produzido melhoraria o processo de ensino e aprendizagem em química?

Muito Razoavelmente Pouco Nada

Justifique sua resposta:

6) Quais elementos do quadrinho criado você julga serem significativos? (pode ser assinalado mais de um item):

Enredo Personagens Arte Gráfica Diálogos Narrativa visual Temática
 Originalidade

Justifique sua resposta:

7) Você utilizaria a História em Quadrinho produzida em suas aulas?

Sim Não

Caso afirmativo, descreva como seria a utilização:

8) Deixe sua avaliação e comentário geral a respeito do quadrinho:

Nota (0 – 10):

Comentário geral:

Fonte: autoria própria (2024)

4.5 - Procedimentos éticos

Para os procedimentos éticos, as respostas do questionário foram apresentadas conforme escrito pelos docentes, preservando sua escrita e alterada em caso de identificação para ser preservado o anonimato. Será utilizado símbolos para identificar os docentes, por exemplo, P_N para representar a fala do docente, em que P se refere a professor e N o número de docente N=1, 2, 3, ..., 14.

4.6 - Tratamento dos dados

Para o tratamento de dados foi utilizada a análise de conteúdo de Bardin (1977), sendo pautada nos seguintes fatores:

i) Pré-análise que consiste na organização do material a ser analisado com o objetivo de torná-lo operacional, sistematizando as ideias iniciais; ii) Exploração do material contempla a contagem de ideias repetidas, a enumeração de situações que aparecem mais de uma vez ou mesmo aquelas que estão completamente ausentes; iii) Tratamento dos resultados, inferência e interpretação, destinada ao tratamento dos resultados, ocorrendo nela a condensação; o destaque das informações para análise, culminando nas interpretações inferenciais; é o momento da intuição, da análise reflexiva e crítica (Bardin, 1977).

Os dados coletados foram submetidos a um processo de caracterização composto pelas seguintes etapas: 1) Pré-análise; 2) exploração do material, categorização/codificação; 3) Tratamento dos resultados, inferências e interpretação (Bardin, 2011). No contexto da análise dos dados, as respostas foram quantificadas e expressas de forma descritiva. Nesse processo, foram identificadas unidades de significado nos dados, considerando cuidadosamente suas similaridades e discrepâncias.

5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Descrição da HQ

A história em quadrinhos intitulada “Garotas do Rádio e a Pintura Radioativa” adota um formato de orientação paisagem, com dimensões de 32 x 11 cm. Composta por 26 páginas, o material apresenta uma estrutura organizada, incluindo capa, introdução, informações sobre os autores, título, desenvolvimento da narrativa e referências, conforme apresentado na figura 3.

Figura 3 - HQ: Garotas do Rádio e a Pintura Radioativa



Fonte: autoria própria (2024)

Inspirada na trajetória das garotas do rádio, a HQ apresenta o protagonista Bernardo, um adolescente movido pela curiosidade acerca da radioatividade, e seu pai, um professor de química disposto a esclarecer suas dúvidas. A trama se desenrola quando Bernardo, após assistir ao filme de Oppenheimer, solicita ao pai uma explicação sobre a radioatividade. O pai não apenas discorre sobre os conceitos envolvidos, mas também ilustra a narrativa a partir da história das garotas do rádio, destacando que este episódio não é tão amplamente reconhecido comparado a eventos famosos, como o acidente com céscio 137, Marie Curie, Chernobil, entre outros (Figura 4).

Figura 4 - Narrativa da HQ



Fonte: autoria própria (2024)

Ao longo da narrativa, o pai explica sobre as garotas do rádio, enfatizando que o trabalho delas era pintar os ponteiros dos relógios com uma tinta luminosa contendo a inovadora substância rádio. Sem compreender os perigos da radioatividade, essas mulheres usavam pincéis finos, muitas vezes lambendo as cerdas para manter a ponta afiada. Essa prática resultou em exposição direta e constante ao rádio, um elemento recém-descoberto com a propriedade de brilhar no escuro, tornando-o ideal para relógios. Com o tempo, desenvolveram sérios problemas de saúde, destacando a necessidade de precauções, como mostrado na figura 5. A empresa, inicialmente, negava os perigos, mas a verdade veio à tona com a análise de um cientista, explicando que a radioatividade do rádio estava causando danos irreparáveis às células das garotas do rádio. O impacto dessa descoberta foi chocante para a comunidade e as trabalhadoras.

Figura 5 - Perigos do rádio



Fonte: autoria própria (2024)

A tragédia das garotas do rádio se tornou um ponto crucial na conscientização dos perigos da radioatividade, resultando em mudanças nas práticas industriais e regulamentações mais rigorosas para proteger os trabalhadores. A HQ destaca a importância do conhecimento em química, especificamente sobre a radioatividade e a história, para garantir ambientes de trabalho seguros, servindo como alerta sobre as precauções necessárias ao lidar com substâncias perigosas. Dessa forma, pode ser considerada uma ferramenta propícia para a aprendizagem significativa em virtude do cenário apresentado, pois, para a elaboração de uma ação pedagógica com base em uma abordagem temática, é imprescindível estabelecer um ambiente favorável à aprendizagem significativa através de cenários desafiadores (Freire, 2005; Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2011).

Com o intuito de integrar adequadamente as personalidades de cada personagem na narrativa, foram empregadas expressões faciais e corporais que retratavam sentimentos como tristeza, alegria, empolgação, reflexões e compreensão, entre outros. Essas expressões foram contextualizadas ao longo da história, visando estabelecer uma conexão palpável entre o leitor e as situações apresentadas. Além das expressões físicas evidenciadas pelos personagens, recorreu-se à inserção de balões de diálogo, contribuindo para destacar e enfatizar os teores das falas dos protagonistas (Figura 6).

Figura 6 - Expressões retratando sentimentos variados em cada personagem na narrativa



Fonte: autoria própria (2024)

A importância do ambiente e dos personagens em uma HQ é amplamente reconhecida como aspectos fundamentais na construção de narrativas visuais. McCloud (2005), teórico dos quadrinhos, em sua obra “desvendando os quadrinhos”, destaca a vitalidade desses elementos na comunicação e na criação de significado. Nesse sentido, a narrativa elaborada da HQ apresenta o ambiente não apenas como um mero cenário, mas como um elemento intrínseco à comunicação. Além de contextualizar a história, o

ambiente a enriquece por meio de aspectos visuais que contribuem para a compreensão do conteúdo proposto. Ademais, observa-se uma interação dinâmica entre o ambiente e os personagens, em que ambos se influenciam mutuamente, impulsionando e criando uma dinâmica que colabora com o desenvolvimento narrativo.

Comparato (2000), enfatiza a relevância da elaboração inicial da narrativa, funcionando como alicerce para a evolução dos personagens e cenários, os quais demandam uma cuidadosa adaptação à trama. Sob essa perspectiva, a HQ teve origem na história das garotas do rádio. Os personagens e ambientes foram gradualmente tomando forma a partir do enredo das mulheres. Cada cenário e a dinâmica entre os personagens evoluem em resposta aos acontecimentos na vida das garotas do rádio.

5.2 Conceito por trás da HQ

As fases realizadas no levantamento de informações, criação e documentação desempenharam um papel crucial na formulação de ideias. Segundo Motta (2012), uma das práticas mais comuns na criação de material artístico é a utilização de princípios, uma etapa essencial para a concepção de vários elementos relacionados ao conteúdo, como tonalidades, representações visuais, áudios, formato, e outros detalhes (Melo, 2003). A criação da HQ está de acordo com esse embasamento teórico. Os componentes formados estabelecem princípios e correlações com o material discutido. Esse fator pode ser observado a partir dos elementos visuais, textuais, formatos, balões de diálogo, legendas, personagens, linhas de ação, layout de páginas, entre outros. Isso é exemplificado ao explicar os conceitos de luminosidade, riscos associados ao rádio, partícula fundamental, características das radiações e suas normas, desintegração radioativa, processo atômico, fissão nuclear, utilizações das reações nucleares e fusão nuclear, como ilustrado na Figura 7.

Figura 7 - Conceitos relacionados a radioatividade



Fonte: autoria própria (2024)

Os conceitos são ilustrados juntamente com as informações proveniente dos diálogos entre os personagens. Esse fator corrobora com a aprendizagem proposta por Mayer (2012), a assimilação é mais eficaz quando combinamos palavras e imagens do que quando se utilizam apenas palavras. Diante disso, os conceitos científicos, assim como nas HQ, são elucidados por meio de representações, e um desafio para o educador consiste em estabelecer conexões pedagógicas que requerem transitar entre os distintos modos de representação (Mortimer; Scott, 2014). No contexto do ensino e nas disciplinas relacionadas às ciências naturais, a linguagem dos símbolos é extensivamente empregada. É necessário considerar a possibilidade de que esses símbolos não representem de forma dinâmica seu objeto, uma vez que, para muitos conceitos, dispomos apenas de modelos, como é o caso de átomos, íons e moléculas. Ao considerar essa relação simbólica, a aprendizagem dos códigos de comunicação das artes sequenciais emerge como uma oportunidade para facilitar a compreensão e o estabelecimento de relações significativas, bem como a objetivação e interpretação em contextos químicos e físicos (Eisner, 1989). Assim, as representações visuais contidas no quadrinho contribuem para a compreensão dos princípios científicos associados à radioatividade. Nesse contexto, constituem um suporte ao educador no decorrer do processo de ensino e aprendizagem.

5.3 Perfil do avaliador

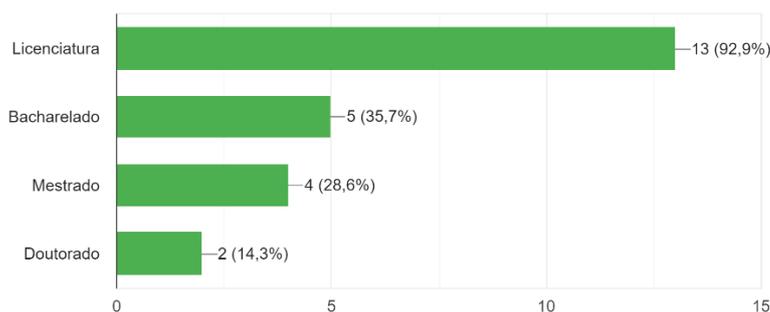
No questionário aplicado, algumas perguntas foram direcionadas para traçar o perfil dos participantes em relação à sua área de formação, experiência e seus costumes referentes à leitura de HQ.

No que diz respeito à formação em Química dos participantes avaliados, observa-se uma diversidade de níveis educacionais: duas pessoas possuem doutorado, mestrado, bacharelado e licenciatura; outras duas possuem mestrado, bacharelado e licenciatura; dois participantes possuem apenas bacharelado e licenciatura, enquanto um possui somente bacharelado. Adicionalmente, o restante dos participantes possui exclusivamente licenciatura em Química, ilustrado na figura a seguir:

Figura 8 - Formação dos participantes

Qual a sua formação?

14 respostas



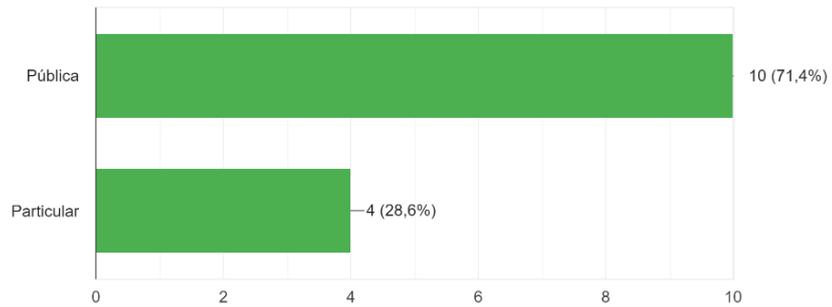
Fonte: autoria própria via *Google Forms* (2024)

Os indivíduos mencionados apresentam uma variedade de formações na área da Química, evidenciando não apenas uma ampla experiência educacional e profissional, mas também a importância da formação acadêmica para o desenvolvimento pessoal e profissional. Entre as suas formações, destacam-se licenciaturas e bacharelados em Química, bem como especializações em diversas áreas correlatas. Além disso, muitos participaram de programas de bolsas de iniciação à docência e projetos de extensão, contribuindo para a sua formação prática e pedagógica. A busca por cursos de pós-graduação, como mestrados e doutorados, reflete o comprometimento desses profissionais com o aprimoramento contínuo de suas competências e conhecimentos na área da Química. Essa diversidade de trajetórias acadêmicas não apenas destaca a relevância do ensino e pesquisa em química, mas também ressalta o compromisso desses indivíduos com o avanço científico e educacional.

No que diz respeito ao contexto de trabalho escolar, 10 dos participantes estão empregados em instituições de ensino públicas, enquanto 4 atuam em escolas privadas (Figura 9).

Figura 9 - Experiência dos indivíduos

Trabalha em escola pública ou particular?
14 respostas



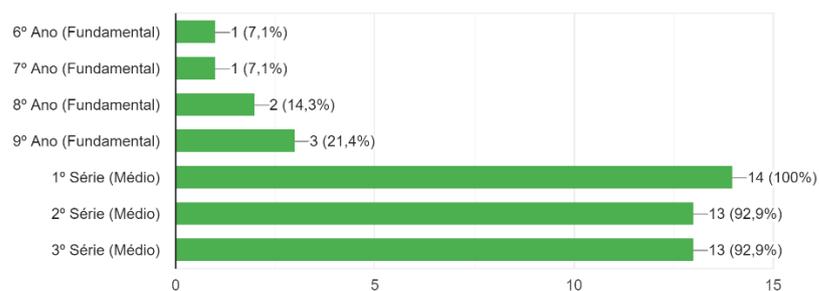
Fonte: autoria própria via *Google Forms* (2024)

Os dados apresentados revelam uma diversidade de experiências no campo da educação. Os profissionais mencionados acumulam décadas de experiência, com uma média de aproximadamente 25 anos atuando em diferentes contextos educacionais. Suas trajetórias incluem desde o exercício da docência em sala de aula, tanto na rede pública quanto na privada, até o envolvimento em projetos pedagógicos e iniciativas de pesquisa. Destaca-se também o reconhecimento por meio de prêmios e participação em atividades extracurriculares, evidenciando o comprometimento desses profissionais com o aprimoramento constante de suas práticas pedagógicas.

No que diz respeito às turmas ministradas, os participantes estão mais envolvidos no nível educacional médio, conforme demonstrado na figura 10. Este aspecto se demonstra importante, considerando que o propósito do quadrinho se destina especificamente ao ensino médio.

Figura 10 - Turmas ministradas

Quais as turmas que você leciona?
14 respostas



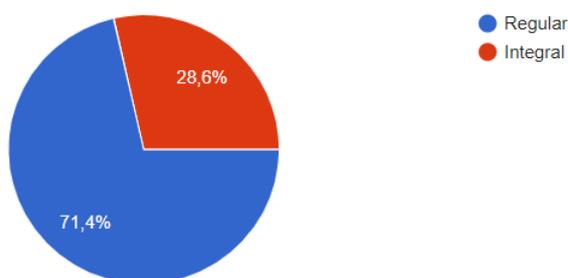
Fonte: autoria própria via *Google Forms* (2024)

Ao longo do período escolar, 10 dos participantes (com uma representatividade de 71,4%) estão imersos no ensino regular, ao passo que 4 deles (totalizando 28,6%) estão ativamente envolvidos no ensino integral. Isso é demonstrado visualmente na figura 11.

Figura 11 - Leciona em escola pública ou privada?

A escola é regular ou integral?

14 respostas



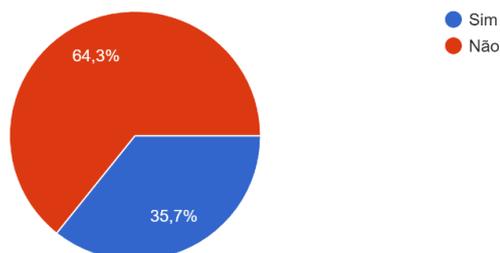
Fonte: autoria própria via *Google Forms* (2024)

Em relação ao hábito de leitura de HQ, 9 participantes (constituindo 64,3%) não praticam essa atividade, ao passo que 5 participantes (equivalendo a 35,7%) têm o hábito de ler (Figura 12). A maioria das respostas indica uma falta de hábito na leitura de HQ, com algumas menções específicas de preferências como DC, Marvel, Turma da Mônica e Snoopy, mas geralmente expressando uma ausência de leitura recente. Alguns participantes mencionaram gostos específicos, como quadrinhos regionais e Mangá de gêneros como isekai, aventura, ação e/ou romance. No entanto, a tendência predominante é a falta de leitura frequente de HQ.

Figura 12 - Hábito de leitura de HQ

Você costuma ler História em Quadrinhos?

14 respostas



Fonte: autoria própria via *Google Forms* (2024)

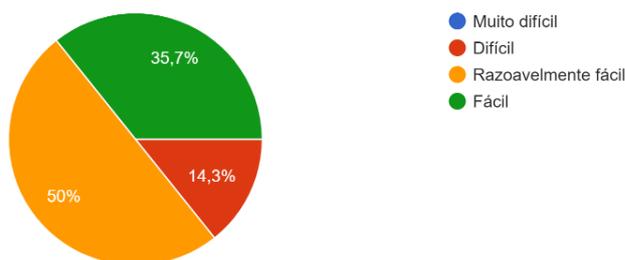
5.4 Avaliação da HQ como ferramenta didática

Após coletar os dados dos avaliadores sobre os critérios pedagógicos da HQ e realizar uma minuciosa análise das respostas dissertativas, tornou-se viável elaborar as categorias de maneira consolidada, ou seja, registrar as unidades que se destacaram com maior frequência nas observações dos avaliadores.

No que se refere à primeira pergunta do questionário sobre os critérios pedagógicos da HQ (Tabela 2), que trata da opinião sobre a leitura da HQ, 7 avaliadores (50%) consideraram razoavelmente fácil, 5 (35,7%) fácil e 2 (14,3%) difícil (figura 13). Ao analisar as justificativas do quadro 1 torna-se evidente que a linguagem empregada nas HQ desempenha um papel crucial na leitura.

Figura 13 - Apreciação literária

Em sua opinião, a leitura das “Garotas do Rádio e a Pintura Radioativa” foi
14 respostas



Fonte: autoria própria via *Google Forms* (2024)

Quadro 1 - Categorias de justificativas apresentadas sobre a dificuldade de leitura

Categorias: unidades de significados	Unidade de contexto
Temática atrativa	P1 – “Temática interessante.” P5 – “Uma história bem interessante que ilustra todos os fatos sobre a radioatividade.”
Linguagem compreensível	P7 – “Uma linguagem acessível.” P2 – “Vocabulário acessível.” P13 – “A leitura sendo manifestada de forma escrita, com simplicidade consegue

	<p>prender o leitor a história. Um outro fato, é em relação a escrita ter apoio da linguagem visual causando ainda mais o leitor a uma atenção.”</p>
<p>Dificuldade de entendimento para alunos sem familiaridade na área</p>	<p>P4 – “Fácil para quem já é da área. Acho que para alunos fica entre razoavelmente fácil e difícil, a depender do interesse do aluno e afinidade com a área.”</p> <p>P10 - “Foi razoavelmente fácil, projetando a leitura para os estudantes, pois alguns conceitos podem ser difíceis para sua compreensão, como tempo de meia vida, no entanto esse conceito está muito bem demonstrado na história em quadrinho.”</p> <p>P12 – “Acredito que difícil porque os estudantes não estão habituados com termos técnicos e se confundem com os conceitos, sem contar a dificuldade com a compreensão dos conteúdos que não estão no cotidiano deles. Por isso, acredito que deve haver um plano de aula mais amplo, com mais tempo para esclarecimentos de dúvidas ou a divisão em dois volumes, talvez. Porém, é importante considerar que o material está muito bem feito e muito criativo!”</p>

Fonte: autoria própria (2024)

Essas categorias representam diferentes percepções e avaliações dos participantes sobre a HQ, incluindo sua eficiência como uma abordagem diferenciada no ensino, sua utilidade como um veículo de comunicação com os alunos e outros comentários sobre sua relevância e impacto no processo de ensino e aprendizagem.

Apesar da maioria dos avaliadores não possuir o hábito de leitura de HQ, eles demonstraram compreensão sobre os benefícios de incorporar essa ferramenta no

processo educacional. As respostas indicam que a HQ é percebida como envolvente, aplicável à ciência abordada, utiliza uma linguagem acessível e captura a atenção do leitor graças ao suporte visual e à escrita direta. Para Júnior e Rodrigues (2013), textos que promovem o diálogo despertam um interesse mais elevado nos leitores, sendo também percebidos como mais acessíveis, mesmo diante da densidade de informações. No contexto específico das HQ, destaca que as imagens complementam o texto, oferecendo aos leitores pistas visuais para compreender o significado das palavras. Dentro desse cenário, Francisco Junior e Gama (2017) abordam a relevância da prática da leitura, ressaltando que as HQ representam um dos tipos de textos que podem motivar os estudantes a se engajarem na atividade de leitura.

Entretanto, algumas respostas sugerem que a leitura da HQ é considerada desafiadora devido a termos técnicos e conceitos complexos. São propostas melhorias no ensino desses conteúdos, como um plano de aula mais abrangente e tempo adicional para esclarecer dúvidas. Dessa forma, essa perspectiva pode ser fundamentada na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2003). De acordo com o autor, o processo de aprendizagem é influenciado pela organização prévia de conhecimentos relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz. No contexto das respostas mencionadas, a variação na compreensão da HQ sobre radioatividade sugere que os participantes supõem que os alunos podem ter diferentes estruturas cognitivas e prévios conhecimentos sobre o assunto. Alguns podem ter uma base sólida em conceitos relacionados à radioatividade, facilitando a compreensão da HQ, enquanto outros podem encontrar dificuldades devido à falta de conhecimento prévio. Portanto, os resultados sugerem que a compreensão da HQ sobre radioatividade é influenciada pela bagagem cognitiva e conhecimentos prévios dos participantes, e as sugestões de melhorias no ensino refletem uma abordagem construtivista que visa promover uma aprendizagem mais significativa e profunda. Isso destaca o potencial do material em se tornar uma ferramenta de ensino potencialmente significativa, dada sua qualidade e adequação para tal finalidade, visto que, antes de explorar os conceitos da radioatividade, a HQ apresenta uma revisão dos princípios fundamentais. Cabe ao professor ter coberto esses conceitos na sequência do conteúdo estabelecido para o ensino médio para que o aluno tenha uma base sólida e utilize a revisão da HQ antes de se adentrar nos detalhes da radioatividade.

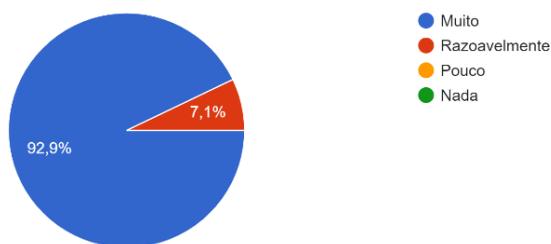
Na segunda pergunta do questionário (Tabela 2), os participantes foram questionados se a história das “Garotas do Rádio e a Pintura Radioativa” presente no quadrinho pode contribuir no ensino da radioatividade e a história da química. Os

resultados revelaram que 13 (92,9%) consideraram “muito” e 1 (7,1%) “razoavelmente”, conforme ilustrado na Figura 14. Após examinar as justificativas apresentadas no quadro 2, torna-se evidente que a HQ tem o potencial para o ensino da radioatividade e para abordar a história da química.

Figura 14 - Contribuição para o ensino de radioatividade

Você acha que a história das “Garotas do Rádio e a Pintura Radioativa” presente no quadrinho pode contribuir no ensino da radioatividade e a história da química?

14 respostas



Fonte: autoria própria via *Google Forms* (2024)

Quadro 2 - Categorias de justificativas elencadas sobre a contribuição no ensino da radioatividade e da história da química

Categorias: unidades de significados	Unidade de contexto
Uma perspectiva inovadora	<p>P1 - “Uma abordagem diferenciada.”</p> <p>P4 - “Creio que sim porque é uma forma diferente de abordar esses temas.”</p> <p>P6 - "O material pode ser explorado em vários momentos diferentes com a finalidade de potencializar o processo de construção do conhecimento sobre a temática."</p> <p>P14 - “Um estudo contextualizado possui a finalidade de aproximar o conhecimento científico do educando e uma abordagem histórico-social capaz de abranger o progresso da ciência e seus efeitos, como “Garotas do Rádio e a Pintura</p>

	Radioativa”, causa intimidade e empatia com a temática, o que pode gerar melhor compreensão dos objetos de estudo.”
Ótimo recurso para instigar os alunos	<p>P3 - “É uma história legal de se ler e aborda os conceitos de radioatividade. Os alunos já gostam dessa temática e o material ajuda para eles se interessarem ainda mais. Seria mais um material que o professor teria para diversificar as estratégias de aprendizado.”</p> <p>P8 - “Instiga nos estudantes o interesse pela Ciência Química.”</p> <p>P9 - “Muito, pois apresenta uma nova história para o tema e ser uma leitura agradável com um material bem atrativo e bem ilustrado para ser trabalhado em sala de aula com os discentes.”</p> <p>P12 - “Com certeza, pois a linguagem é acessível e lúdica e o(a) professor(a) estará em sala de aula para esclarecimentos sobre o tema. É completamente diferente de um livro didático, a história é criativa e chama atenção com imagens e o formato de quadrinhos e os estudantes gostam dessa aula diferente, como chamam.”</p> <p>P13 - “Sim, pois o assunto é original, chama atenção e o material coopera na curiosidade causada nos alunos.”</p>

Fonte: autoria própria (2024)

As respostas enfatizam a importância de variedade de métodos no ensino, ressaltam a possibilidade de utilizar o material em diversos cenários para melhorar a aprendizagem, e destacam as vantagens de estudos contextualizados para aproximar os

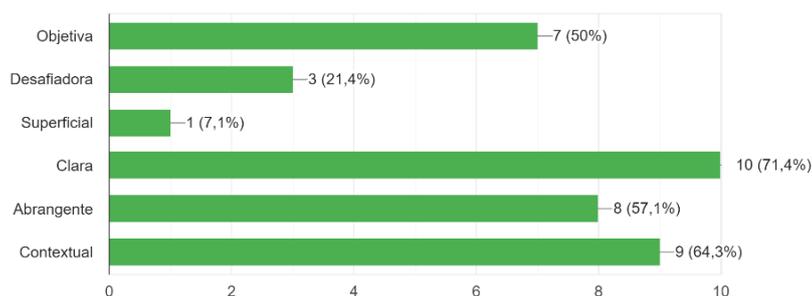
estudantes da ciência, auxiliando na compreensão mais abrangente dos assuntos tratados, incluindo sua eficácia como uma abordagem educacional única, sua efetividade como uma ferramenta de envolvimento com os alunos, e outras observações sobre sua relevância e possíveis impactos no processo de ensino e aprendizagem. Além disso, a HQ demonstra ser bem aceita e pode desempenhar um papel importante no ensino da radioatividade e da história da química, no sentido de despertar interesse pela temática. Adicionalmente, a narrativa é percebida como uma leitura agradável, cativante e ricamente ilustrada, tornando-a um recurso valioso para ampliar as estratégias de ensino. A linguagem acessível e envolvente da HQ, aliada à sua originalidade e capacidade de cativar, contribui para instigar a curiosidade dos alunos e promover uma abordagem em consonância com a teoria da aprendizagem multimídia, que sugere que os indivíduos aprendem de maneiras diferentes e se beneficiam de materiais que envolvem múltiplos sentidos, como a visão e a audição. Autores como Mayer (2012) destacam que o uso de elementos visuais, como ilustrações, pode facilitar a compreensão e a retenção de informações. Nesse sentido, Prado, Sousa Junior e Pires (2017) defendem que o impacto positivo das HQ nos processos educacionais decorre de sua linguagem acessível e de sua capacidade de estabelecer uma conexão entre o leitor e as páginas ilustradas, tornando mais simples a compreensão de conceitos complexos. A disposição das páginas e a organização sequencial das imagens possibilitam ao leitor ter uma visão abrangente. Essa característica única das HQ facilita a assimilação dos conteúdos em comparação com texto e imagem convencionais, além de exigir dos leitores um pensamento dedutivo em relação às transições das cenas.

Na terceira indagação do questionário (tabela 2), os participantes foram questionados sobre como o tema da radioatividade foi abordado, podendo ser assinalado mais de um item, como representando na figura 15. Os tópicos “contextual”, “abrangente”, “clara” e “objetiva” são os mais destacados. Além disso, percebe-se uma ênfase maior nesses aspectos nas respostas (Quadro 3).

Figura 15 - Abordagem do conteúdo

A abordagem do conteúdo radioatividade na “Garotas do Rádio e a Pintura Radioativa” foi (pode ser assinalado mais de um item):

14 respostas



Fonte: autoria própria (2024)

Quadro 3 - Categorias de justificativas elencadas sobre a abordagem do conteúdo radioatividade

Categorias: unidades de significados	Unidade de contexto
Abordagem didática e organização do conteúdo	<p>P1 - “Achei os tópicos bem divididos.”</p> <p>P3 - “Aborda os conceitos principais da radioatividade de uma forma divertida.</p> <p>P8 - “Bastante didático e envolvente.”</p> <p>P6 - “Contempla bastante conteúdo e sua utilização em projetos pode ser muito eficiente.”</p> <p>P9 - “Mostra de forma objetiva o tema envolvido, demonstrando algumas aplicações da radioatividade.”</p> <p>P13 - “Os tópicos escolhidos expressam o que senti na hora da leitura, bastante contextual.”</p>
Integração entre texto e conteúdo	<p>P2 - “Bom jogo entre texto e conteúdos abordados.”</p> <p>P5 - “História bem ilustrativa.”</p>
Adequação da linguagem e contextualização	<p>P7 - “Como dito antes, a linguagem é acessível e próxima do cotidiano da juventude.”</p> <p>P14 - “Superficial apenas quando trata-se de fissão e fusão nuclear, porém a</p>

	abordagem geral foi bastante abrangente e contextualizada.”
--	---

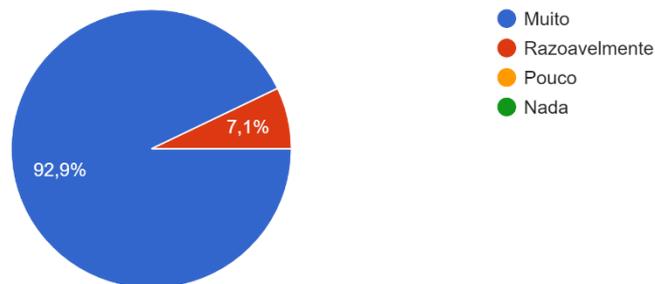
Fonte: autoria própria (2024)

Os dados reunidos ressaltam a clareza na divisão dos tópicos, a abordagem divertida e didática dos conceitos principais envolvendo a radioatividade, a objetividade na apresentação do tema com demonstração de aplicações, a contextualização dos tópicos escolhidos, o bom equilíbrio entre texto e conteúdo, a qualidade ilustrativa da história, a linguagem acessível e próxima do cotidiano, e a abordagem geral, embora superficial em alguns pontos. No geral, as respostas indicam uma abordagem abrangente e contextualizada da HQ. Isso se tornou viável graças às características lúdicas das HQ e à sua natureza como uma ferramenta de comunicação simples, interativa e agradável, permeando os trajetos e procedimentos de aprendizagem e ensino (Camargo; Rivelini-Silva, 2017).

Na quarta pergunta (tabela 2), os participantes foram questionados se a HQ está em conformidade e consistência com os temas tratados. Os resultados revelaram que 13 (92,9%) consideraram “muito” e 1 (7,1%) “razoavelmente”, de acordo com a figura 16. Ao analisar as justificativas fornecidas no quadro 4, torna-se evidente que a HQ possui a capacidade de estar em harmonia e coerência com os temas tratados.

Figura 16 - HQ está alinhada e coesa com os temas discutidos

A história em quadrinhos está em conformidade e consistência com os temas tratados?
14 respostas



Fonte: autoria própria via *Google Forms* (2024)

Quadro 4 - Categorias de justificativas elencadas sobre a conformidade e consistência dos temas tratados na HQ

Categorias: unidades de significados	Unidade de contexto
<p>Conformidade e consistência com os temas tratados</p>	<p>P4 - “Sim. Aborda de modo geral a essência do que é visto em sala de aula.”</p> <p>P5 - “Não vejo discrepâncias entre a problemática abordada e os conceitos teóricos.”</p> <p>P7 - “Tudo bem encaixado.”</p> <p>P10 - “O material tem os conceitos principais relacionados à radioatividade.”</p> <p>P11 - “Sim, conseguiu fazer um amparar de forma geral, trabalhando o contexto da química e da história.”</p> <p>P13 - “Toda a história envolve os personagens dentro do tema relacionado à radioatividade.”</p> <p>P14 - “A HQ usa o contexto da descoberta e alguns dos primeiros usos tecnológicos da Radioatividade na sociedade, bem como seus impactos na saúde e na economia.”</p>
<p>Qualidade e clareza na apresentação dos conceitos</p>	<p>P2 - “A HQ foi bastante abrangente inserindo cientistas da história da Química importantes para a compreensão geral sobre o tema, trouxe logo de início o meme (atual e das redes sociais que os estudantes usam) da Barbie e Oppenheimer que viralizou no Instagram e isso é importante porque chama atenção dos jovens. Marie Curie também está presente na história, ela que é um ícone da radioatividade. Rutherford lembrou o contexto dos modelos atômicos e</p>

	<p>finalizando com a explicação da bomba atômica e dos perigos da radioatividade. Tudo ficou meticulosamente interligado! Sensacional!”</p> <p>P6 - “É possível identificar que sua produção foi bem planejada, já que o material contempla pontos centrais da temática.”</p> <p>P8 - “Explica com nitidez de forma lúdica a história e aplicação da radioatividade.”</p> <p>P12 - “A leitura do conteúdo "Garotas do Rádio e a Pintura Radioativa" traz de maneira objetiva todos os conceitos da química importantes para a compreensão do conteúdo de forma mais acessível.”</p>
--	---

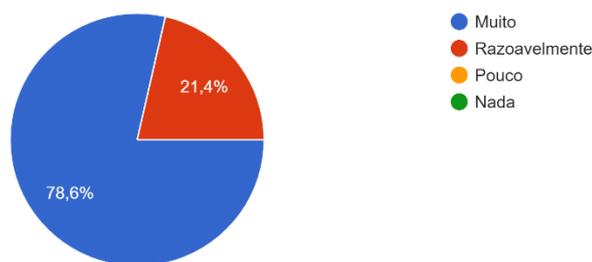
Fonte: autoria própria (2024)

Os resultados apontam que a HQ está alinhada aos temas tratados, apresentando os conceitos principais da radioatividade de forma clara e lúdica. Há uma percepção positiva quanto à qualidade e clareza na apresentação dos conteúdos, bem como à abrangência da HQ ao inserir cientistas importantes e contextualizar o uso da radioatividade na sociedade. Os participantes destacam a adequação geral da abordagem, embora reconheçam algumas áreas que podem ser aprimoradas. Em suma, as respostas sugerem que a HQ oferece uma visão abrangente e contextualizada dos temas abordados. A justificativa para esses dados pode ser embasada em teorias da educação e comunicação, que enfatizam a importância da clareza na apresentação de conteúdos e na construção de uma narrativa acessível e envolvente. Autores como Vygotsky (2007) e Piaget (1970) ressaltam que materiais educacionais devem ser adaptados ao nível de compreensão dos alunos e contextualizados para promover aprendizagem. Portanto, as respostas dos participantes, que evidenciam a clareza na apresentação dos conceitos e a adequação geral da abordagem da HQ, estão em conformidade com esses princípios teóricos, sugerindo que a HQ oferece uma visão abrangente e contextualizada dos temas abordados.

Na quinta pergunta (tabela 2), investigou-se o potencial da HQ em influenciar positivamente no processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos de Química. Os dados demonstraram que 11 (78,6%) indivíduos avaliaram como “muito” e 3 (21,4%) como “razoavelmente”, como destacado na figura 17. A avaliação das justificativas fornecidas no quadro 5 aponta para a possibilidade de que a HQ possa ter um papel complementar na contribuição da aprendizagem.

Figura 17 - O potencial das HQs em impactar positivamente o ensino e a aprendizagem de Química

Você acha que o material produzido melhoraria o processo de ensino e aprendizagem em química?
14 respostas



Fonte: autoria própria via *Google Forms* (2024)

Quadro 5 - Categorias de justificativas elencadas sobre o impacto da HQs no ensino de Química

Categorias: unidades de significados	Unidade de contexto
Potencial como ferramenta de atração	P1 - “Seria uma nova ferramenta para atrair o aluno ao conteúdo.” P7 - “Enriquece o aprendizado e torna atrativa a leitura dos conteúdos.”
Qualidade e impacto no processo de ensino e aprendizagem	P10 - “É uma leitura agradável e cheia de conhecimento. Acredito que fortalece o processo de ensino e aprendizagem.” P3 - “Por ser uma metodologia inovadora de abordagem de conteúdo, contendo um enredo que atua prendendo a atenção dos alunos, acho que a HQ se apresenta como uma boa ferramenta para a melhora do ensino e aprendizagem.”

	<p>P9 - “Deixa a aula mais ilustrativa e interessante.”</p> <p>P12 - “Muito, pois o material é bastante atrativo e bem ilustrado, despertando a atenção dos discentes para o tema a ser trabalhado.”</p>
Observações sobre a execução	<p>P6 - “Uma melhora considerável no processo de ensino e aprendizagem em Química implica em diversos fatores, e não apenas no material.”</p> <p>P5 - “Acho que a efetivação da aprendizagem envolve diversos fatores, mas que o uso dos quadrinhos é divisor de águas para muitos.”</p> <p>P13 - “É sempre importante ilustrar de forma lúdica o ensino de língua química, para facilitar a aprendizagem.”</p> <p>P14 - “Sim, entretanto seria interessante explorar mais a história em si (consequências sociais, médicas e burocráticas às quais foram apresentadas ao longo da leitura) e indicar pontos de estudo sobre a Radioatividade para que os estudantes se aprofundem nos livros didáticos e questionem aos seus professores os porquês dos acontecimentos ao invés de deixar claras as respostas.”</p>

Fonte: autoria própria (2024)

Após analisar as respostas dos participantes, podemos concluir que há uma percepção positiva sobre o potencial do material produzido para melhorar o processo de ensino e aprendizagem em química, bem como destacam aspectos positivos e áreas de possível aprimoramento. Os indivíduos destacaram a capacidade da HQ de atrair a

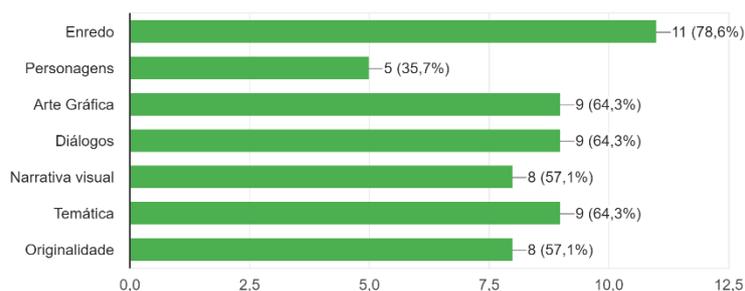
atenção dos alunos, tornar o conteúdo mais acessível e facilitar a compreensão dos conceitos. Além disso, observaram que a abordagem inovadora e lúdica da HQ contribuiu para deixar as aulas mais interessantes e ilustrativas. No entanto, algumas sugestões foram feitas para explorar ainda mais a história em si e ampliar a contextualização dos temas abordados, visando promover uma maior autonomia dos alunos na construção do conhecimento científico. Conforme Soares (2013), o interesse e estímulo, em práticas recreativas, tais como as HQ, representam dois elementos cruciais para a persistência das tarefas e iniciativas propostas. As HQ são relevantes para os processos de ensino-aprendizagem tanto em Química quanto em outras áreas do conhecimento, devido às suas características formativas, buscando apoiar, motivar, estimular e fortalecer os alunos no desenvolvimento de habilidades através das dimensões lúdicas.

Na sexta pergunta do questionário (tabela 2), os participantes foram questionados sobre os elementos da HQ que eles consideram significativos e dignos de destaque, com a possibilidade de marcar mais de um item, conforme representado na figura 18. Os aspectos “enredo”, “arte gráfica”, “diálogos”, “narrativa visual”, “temática” e “originalidade” foram os mais apontados, de acordo com as categorias de justificativas apresentado no quadro 6.

Figura 18 - Elementos significativos do quadrinho

Quais elementos do quadrinho criado você julga serem significativos? (pode ser assinalado mais de um item):

14 respostas



Fonte: autoria própria via *Google Forms* (2024)

Quadro 6 - Categorias de justificativas elencadas sobre os elementos significativos do quadrinho para compreender sua influência no processo educacional

Categorias: unidades de significados	Unidade de contexto
Interesse e motivação	P1 - “Interessante.”

	<p>P2 - “Perfeito!”</p> <p>P6 - “A temática foi apresentada de maneira bastante interessante o que motiva a leitura.”</p> <p>P7 - “Algo inédito que não vi antes com esse tema e com arte colorida.”</p> <p>P10 - “A temática é interessante, as imagens chamam a atenção dos estudantes e despertam o interesse pela leitura.”</p> <p>P13 - “Todos os elementos envolvem o aluno na leitura, tornando a apresentação do conteúdo de fácil compreensão.”</p> <p>P14 - “Apesar de alguns balões de conversa serem extensos para uma HQ, a quantidade e qualidade de quadros e a fluidez dos diálogos entre os personagens associadas ao enredo deixou a história interessante e estimulante.”</p>
Facilitação do entendimento	<p>P8 - “Facilita o entendimento.”</p> <p>P12 - “Pois todos os itens assinalados na questão anterior fazem com que a leitura do conteúdo "Garotas do Rádio e a Pintura Radioativa" se torne agradável e muito atrativa.”</p> <p>P11 - “Na minha opinião, todos! Pois a soma de cada detalhe fez total diferença na absorção e leveza da leitura.”</p>

Fonte: autoria própria (2024)

As respostas revelam que a HQ despertou grande interesse e motivação entre os participantes. Eles destacaram a apresentação intrigante da temática, ressaltando a originalidade e a qualidade artística da obra. Além disso, a capacidade da HQ de envolver os indivíduos foi enfatizada, contribuindo para tornar a leitura não apenas educativa, mas também envolvente e agradável. Os participantes também observaram que a forma como

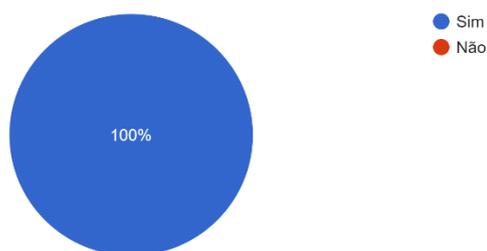
a história foi apresentada facilitou o entendimento do conteúdo, proporcionando uma experiência de aprendizado mais fluida e acessível.

Além disso, o modelo de Motivação Intrínseca de Ryan e Deci (2000) se apresenta como uma perspectiva notável e estimulante. Segundo esse modelo, a motivação intrínseca, que surge da própria atividade em si, é crucial para o engajamento e o aprendizado significativo. A HQ, com sua natureza visualmente atraente e narrativas envolventes, têm o potencial de despertar e sustentar essa motivação intrínseca dos leitores, levando a uma maior absorção e compreensão do conteúdo.

A sétima indagação (tabela 2) questiona os participantes se eles utilizariam a HQ produzida em suas aulas, solicitando-lhes que descrevam como seria essa utilização. Todos responderam afirmativamente (figura 19), revelando uma aceitação favorável da HQ, cujas respostas são apresentadas no quadro 7.

Figura 19 - Utilização da HQ

Você utilizaria a História em Quadrinho produzida em suas aulas?
14 respostas



Fonte: autoria própria via *Google Forms* (2024)

Quadro 7 - Categorias de justificativas elencadas sobre a incorporação da HQ nas aulas

Categorias: unidades de significados	Unidade de contexto
Utilização como ferramenta didática e introdução a temática	P3 - “Utilizaria dentro de uma metodologia de sala de aula invertida, onde a HQ seria a atividade pré-classe. Após isso traria a discussão dos temas para sala de aula e posterior aplicação de exercícios de fixação do conteúdo.”

	<p>P6 - “Seria utilizada em alguns momentos de uma Sequência Didática.”</p> <p>P7 - “Roda de leitura ou material de apoio para as aulas.”</p> <p>P8 - “Roda de conversas e análises.”</p> <p>P12 - "Uma forma de utilização seria apresentar essa história antes do conteúdo, a fim de despertar a curiosidade dos discentes sobre o tema e a partir dele iniciar o conteúdo propriamente dito."</p>
<p>Estratégias de integração com outros recursos</p>	<p>P4 - “Propor a leitura do material impresso ou em meio virtual.”</p> <p>P12 - “[...] Exibição prévia do filme "Radioactive", com as respectivas observações sobre a vida de Marie Curie e a relação de seus estudos com a radioatividade. Em outro dia (em 2 aulas), faremos a oficina utilizando os quadrinhos (HQ) e faremos um quadro (em cartolina) escrevendo sobre os elementos radioativos da Tabela Periódica e expondo o quadro na sala de aula.”</p> <p>P13 - "Primeiro abrangeria o conteúdo de forma teórica, faria a utilização de documentário e abordaria o material didático como uma forma apoio para a compreensão do discente em relação a temática, usando em específico na hora de retratar sobre os acidentes radioativos."</p> <p>P14 – “O filme “Radioatividade” aliado a história em quadrinhos “Garotas do Rádio e a Pintura Radioativa” não apenas introduziriam a temática nas aulas, mas</p>

	<p>gerariam debates sobre o papel dos estudos científicos para compreensão da natureza e o uso tecnológico da ciência, seus benefícios e malefícios. Vale salientar que a visualização do filme (interpretação em forma de resenha crítica) e a leitura da HQ seriam solicitadas as turmas antes da discussão na sala de aula."</p>
--	---

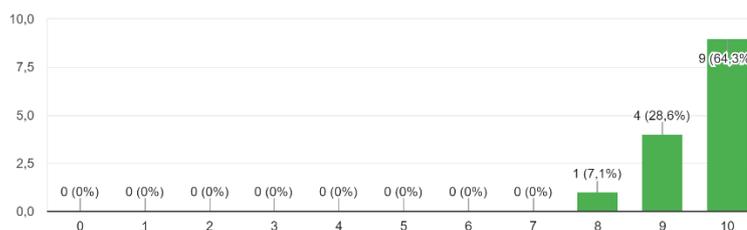
Fonte: autoria própria (2024)

As respostas indicam uma variedade de estratégias para integrar a HQ ao ensino de química. Essas incluem o uso como ferramenta didática em diferentes abordagens pedagógicas, como roda de leitura, metodologia de sala de aula invertida, introdução do conteúdo e sequência didática. Além disso, sugere-se a complementação com recursos audiovisuais, como o filme “Radioatividade”, para contextualizar e enriquecer o aprendizado. As propostas apresentadas estão alinhadas com as ideias de Nunes, Mendes e Oliveira (2018), que ao abordarem o uso de HQ para introduzir tópicos, enfatizam os benefícios desse método, contribuindo para práticas investigativas ao envolver os alunos na trama e permitir uma abordagem orgânica dos temas, gerando diversos questionamentos durante a leitura. Nesse contexto, Araújo, Gonçalves e Dutra (2019) apresentam diversos argumentos adicionais para o emprego das HQ no ambiente escolar, incluindo o enriquecimento do vocabulário dos alunos e o estímulo ao pensamento lógico. Reconhecendo sua contribuição significativa para práticas que envolvem a leitura.

Ao final, na última questão, solicitou-se uma avaliação geral e comentários sobre a HQ. Nove participantes atribuíram nota 10 (64,3%), quatro atribuíram nota 9 (28,6%), e um atribuiu nota 8 (7,1%), representado pela figura a seguir:

Figura 20 - Comentário geral sobre a HQ

Deixe sua avaliação e comentário geral a respeito do quadrinho:
14 respostas



Fonte: autoria própria via *Google Forms* (2024)

Os participantes expressaram uma recepção positiva em relação a HQ. Um dos respondentes destacou: “P1 - gostei da arte e do balanceamento entre os tipos de diálogos”. Essa observação ressalta a importância da qualidade visual e narrativa da HQ, que contribuem para sua atratividade e compreensão.

Além disso, houve reconhecimento do potencial educativo da HQ. Um dos participantes afirmou: “P3 - material excelente para ser utilizado nas aulas de química. Uma forma também de trabalhar e incentivar a leitura.” Essa opinião reflete a percepção de que a HQ pode servir como uma ferramenta pedagógica eficaz, não apenas para ensinar conceitos de química, mas também para estimular o interesse dos alunos pela disciplina.

Por fim, a solicitação para disponibilizar o material para uso em sala de aula demonstra o interesse dos professores em utilizar a HQ como recurso didático. Um dos participantes expressou: “P8 - gostaria de saber se vocês podem disponibilizar esse material para impressão ou em arquivo de compartilhamento via smartphone.” Isso evidencia a relevância percebida da história em quadrinhos como uma ferramenta de apoio ao ensino de química.

De modo geral, as respostas dos participantes destacam a qualidade, o potencial educativo e a necessidade de ajustes da HQ “Garotas do Rádio e a Pintura Radioativa”, ressaltando seu papel como uma ferramenta valiosa e atrativa para o ensino e aprendizagem em ciências. Essas respostas apontam para a viabilidade de considerar a aprendizagem tangencial como uma alternativa para fortalecer a compreensão de conceitos científicos (Leite, 2016).

6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do processo de desenvolvimento da HQ, foi possível compreender que as etapas envolvidas no levantamento, criação e documentação desempenharam um papel essencial na elaboração das ideias.. A prática comum na criação artística de utilizar princípios foi aplicada com sucesso, abrangendo vários elementos do conteúdo, como tonalidades, representações visuais e áudios. Os componentes desenvolvidos estabeleceram princípios e correlações com o material discutido, visíveis nos elementos visuais, textuais, formatos e na estrutura geral da HQ. Esses aspectos contribuem para uma melhor compreensão dos conceitos abordados, como luminosidade, riscos do rádio, partícula fundamental, características das radiações e sua aplicabilidade em diversos contextos, desde a desintegração radioativa até a fusão nuclear. Ademais, com as experiências do protagonista Bernardo e seu pai, os leitores são levados a compreender a tragédia enfrentada por essas mulheres e a importância de regulamentações para garantir ambientes de trabalho seguros. A HQ não apenas informa sobre os eventos históricos, mas também explora conceitos científicos complexos, como radioatividade e seus riscos, de maneira acessível. Assim, “Garotas do Rádio e a Pintura Radioativa” não apenas diverte, mas também instrui, fornecendo uma abordagem educativa e lúdica sobre os conceitos de radioatividade, destacando a necessidade de conhecimento e precaução diante de substâncias perigosas. É uma obra que não apenas conta uma história, mas também incentiva a reflexão sobre questões sociais e de segurança industrial.

A observação do potencial pedagógico da HQ mostra que os professores evidenciaram que a obra apresenta uma abordagem contextualizada, abrangente, clara e objetiva sobre o tema da radioatividade. Apesar de alguns desafios percebidos, como termos técnicos e conceitos complexos, a maioria dos participantes reconhece o potencial educativo da HQ. A obra despertou grande interesse e motivação, sendo considerada uma ferramenta valiosa e atrativa para o ensino e aprendizagem, principalmente pela capacidade de interação e engajamento. Assim, a HQ se mostra uma valiosa adição ao processo educacional, proporcionando uma experiência enriquecedora e envolvente para os envolvidos, alinhada com abordagens pedagógicas contemporâneas que visam promover uma aprendizagem significativa e contextualizada.

A compreensão do impacto da HQ no ensino de radioatividade revela seu potencial notável e significativo. A narrativa da história aborda temas relevantes relacionados à radioatividade de maneira acessível e cativante, o que pode aumentar o interesse dos alunos pelo assunto. Além disso, o enredo envolvente e os elementos visuais da HQ oferecem uma abordagem lúdica e atrativa, facilitando a compreensão dos

conceitos complexos da radioatividade. Isso pode contribuir para tornar as aulas mais dinâmicas e estimulantes, promovendo uma aprendizagem mais eficaz. A combinação de entretenimento e educação proporcionada pela HQ “Garotas do Rádio e a Pintura Radioativa” tem o potencial de melhorar a eficácia pedagógica no ensino da radioatividade, tornando o conteúdo mais acessível e interessante para os alunos.

7 – REFERÊNCIAS

ANWAR, Y.; LOWENSTEIN, E. J. Radium: Curie's Perpetual Sunshine, JAMA Dermatol. Ed.151, vol.7, 2015.

AQUINO, F.F.; FIORUCCI, A. R.; BENEDETTI-FILHO, E.; BENEDETTI, L. P. S. Elaboração, Aplicação e Avaliação de uma HQ Sobre Conteúdo de História dos Modelos Atômicos para o Ensino de Química. Orbital: Electron. J. Chem, v. 7, n. 1, p. 53-58, 2015.

ARAÚJO, C. S. O.; GONÇALVES, C. B.; DUTRA, L. B. As histórias em quadrinhos (HQs) como ferramentas que possibilitam mobilizar as diversas áreas do STEAM. Latin American Journal of Science Education, v. 6, n.1, p. 12026, 2019.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. Psicologia educacional. Tradução Eva Nick. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980

AUSUBEL, D. P. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 2003.

AVILES, I. E. C.; GALEMBECK, E. Que é aprendizagem? Como ela acontece? Comofacilitá-la? Um olhar das teorias de aprendizagem significativa de David Ausubel e aprendizagem multimídia de Richard Mayer. Aprendizagem Significativa em Revista, Porto Alegre – RS, v. 7, n. 3, p. 01-19. dez. 2017. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID114/v7_n3_a2017.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2024.

BARDIN, L. Análise de conteúdo. Lisboa: Edições 70 Ltda, 1977.

BARDIN, L. Análise de conteúdo. Tradução: L. A. Reto e A. Pinheiro, 1. ed. São Paulo: 70, 2011.

BARROS; G. F.; RAMOS; E. M. F.; RAMOS, J. E. F. Ensino de física com histórias em quadrinhos: o astronauta em magnetar (Capítulo 22, p. 237-251). In: MONTEIRO, S. A. S. (Org.). Formação Docente: Princípios Fundamentos 3. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.

BARUFFI, M. M.; PISA, R. C. C. Metodologia e conteúdos básicos de ciências naturais e saúde infantil. Indaial: UNIASSELVI, 2015. 252 p.

BORGES, R. S.; BANDEIRA, C. C.; LUZ JR, G. E. Interface entre as histórias em quadrinhos e o ensino de química: uma fonte de informação e incentivo à leitura. *Actio: Docência em Ciências*, vol.5, p. 1-22, 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais. Brasília, 1998. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencias.pdf>>. Acesso em 20 abr 2023.

BRASIL. Ministério de Educação e Cultura. LDB - Lei nº 9394/96, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da Educação Nacional. Brasília: MEC, 1996. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/lei9394_ldbn1.pdf>. Acesso em: 20 abr 2023.

CAMARGO, S.C.; RIVELINI-SILVA, A.C. Histórias em quadrinhos no ensino de ciências: um olhar sobre o que foi produzido nos últimos doze anos no ENEQ e ENPEC. *ACTIO*, Curitiba, v. 2, n. 3, p. 133-150, 2017.

CARDOSO, A.; ARAUJO, L.; LIU, A.; DE CASTRO, M. Histórias em Quadrinhos como Estratégia Didática para o Ensino de Química em Tempos de Pandemia. *Revista Insignare Scientia*, v. 5, n. 2, p. 55-74, 23 jun. 2022.

CARTER, H. A. Chemistry in the comics: Part 1. A survey of the comic book literature. *Journal of Chemical Education*, v. 65, n. 12, p. 1029, dez. 1988.

CARTER, H. A. Chemistry in the comics: Part 2. Classic chemistry. *Journal of Chemical Education*, v. 66, n. 2, p. 118, fev. 1989a.

CARTER, H. A. Chemistry in the comics: Part 3. The acidity of paper. *Journal of Chemical Education*, v. 66, n. 11, p. 883, nov. 1989b.

CARTER, H. A. Chemistry in the comics: Part 4. The preservation and deacidification of comic books. *Journal of Chemical Education*, v. 67, n. 1, p. 3, jan. 1990.

CARVALHO, A. P. A revista *Ragú* como um campo de críticas, reflexão e crítica no campo dos quadrinhos. Recife: Dissertação de Mestrado (UFPE), 2011.

CARVALHO, L.; MARTINS, A. Os quadrinhos nas aulas de Ciências naturais: uma história que não está no gibi. *Revista Educação em Questão*, v. 35, n. 21, p.120-145, 2009.

CAVALCANTE, W. O.; NOVAIS, A. L. F. Novais; FERREIRA, F. C. L. Abordagem lúdica das questões de física: história em quadrinhos sobre cinemática. *Scientia Plena*, v. 15, n. 7, p.1-7, 2019.

CIRNE, M. A explosão criativa dos quadrinhos. Petrópolis, RJ: Vozes, 1970.

COMPARATO, D. Da criação ao roteiro. 5 ed. Rio de Janeiro: Rocco, 2000.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. Ensino de ciências: fundamentos e métodos. 4ª ed. São Paulo, Cortez, 2011.

DEVILLE, K. A; STEINER, M. E. New Jersey radium dial workers and the dynamics of occupational disease litigation in the early twentieth century. *Missouri Law Review*, v. 62, n. 2, 1997. Disponível em: <http://scholarship.law.missouri.edu/mlr/vol62/iss2/2>. Acesso em: 13 abr. 2023.

DJOTA, C. A educação está no gibi. Campinas: Ed. Papyrus, 2006.

EISNER, W. Quadrinhos e arte sequencial. 1ª ed. Bras. São Paulo: Martins Fontes, 1989.

EVANS, R. D. Radium poisoning: a review of present knowledge. *American Journal of Public Health*, v. 23, n. 10, 1933.

FRANCISCO JUNIOR, W. E.; GAMA, E. J. S. História em quadrinhos para o ensino de química: contribuições a partir da leitura de licenciandos. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 16, n. 1, p. 152–172, 2017.

FREIRE, A. M. A. A pedagogia da libertação em Paulo Freire. São Paulo: Unesp, 330p. 2001.

FREIRE, P. Pedagogia do Oprimido. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.

GUIMARÃES, E. Uma caracterização ampla para a história em quadrinhos e seus limites com outras formas de expressão. PORTCOM, 1999. Disponível em: <<http://www.portcom.intercom.org.br/pdfs/1836635ef083f30606fba7842cbcfabb.PDF>>.

JANUÁRIO, M. D. A.; NOBRE, F. A. S. Estudando a relatividade restritiva com folhetos de cordel científicos em formato de história em quadrinhos, através de uma sequência de ensino à luz da neurociência educacional. Textos de Apoio ao Professor de Física, Instituto de Física (UFRGS), v. 30 n. 1, p. 1-90, 2019.

JÚNIOR, A, F.S.; RODRIGUES, F.C.M.G. Histórias em quadrinhos e ensino de história: olhares e práticas. Opsi - catalão, v. 13, n. 1, p. 66-82. 2013.

JUNIOR, A. C. S.; SILVA, L. L. A transposição didática do fenômeno da radioatividade em manuais escolares de física. Caderno brasileiro de Ensino de Física, v. 39, n.1, p. 259-287, 2022.

JUNIOR, W.E.F.; GAMA, E. J. S. História em quadrinhos para o ensino de química: contribuições a partir da leitura de licenciandos. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias. v.16, n.1, p.152-172, 2017.

KLEIN, V.; SANTOS, C. V.; KLEIN, V.; KLEIN, W. F.; SOUZA, D.M.; REICHERT, J. F.; BARIN, C. S. A utilização das histórias em quadrinhos como mediadora para o ensino de química. XVIII-seminário internacional de educação no Mercosul, 2017.

KUNDLATSCH, A. SILVEIRA, C. A temática soluções nas Histórias em Quadrinhos: análise de uma atividade desenvolvida com estudantes do Ensino Médio. Revista de Ensino de Ciências e Matemática (REnCiMa), v. 9, n. 5, p. 36-55, 2018.

LACERDA, P. C. C. O lúdico no ensino de física: eletrostática via quadrinhos. Ouro Preto, MG: Dissertação de Mestrado (UFOP), 2019.

LEAL, K.; FORATO, T. C. M. As garotas do rádio e sua busca por justiça e dignidade. Revista Brasileira de História da Ciência, Rio de Janeiro, v. 14, n. 2, p. 252-275, 2021.

LEITE, B. S. Aprendizagem tangencial no processo de ensino e aprendizagem de conceitos científicos: um estudo de caso. RENOTE. Revista Novas Tecnologias na Educação, v. 14, n. 2, p. 1-10, 2016.

LEITE, B. S. Histórias em quadrinhos e ensino de química: propostas de licenciandos para uma atividade lúdica. Revista eletrônica Ludus Scientiae - (RELuS), v. 1, n. 1, 2017.

MAANEN, J. Reclaiming qualitative methods for organizational research: a preface. In Administrative Science Quarterly, v. 24, n. 4, p. 520-526, 1979.

MARTINS, R. de A. Como becquerel não descobriu a radioatividade. Caderno Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis: Ed. da UFSC, n. 7, p. 27-45, jun. 1990.

MARTLAND, H. Radium poisoning. Monthly Labor Review, v. 28, n. 6, p. 20-95, 1929. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/41814411>. Acesso em: 13 abr. 2023.

MAYER, Richard E. Multimedia Learning. Cambridge University Press, 2009. Edição do Kindle.

MAYER, Richard E. Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimédia (2001). In: Miranda, G. L. Ensino online e aprendizagem multimédia, p. 207 – 237. Lisboa. Relógio d'água editores, 2012. 400p. Disponível em: <http://webhosting.bombyte.org/~joao.gama/guilhermina/m3/Mod3G2/Mayer_TCAMultimedia.pdf>. Acesso em: 14 Fev. 2024.

McCLOUD, Scott. Desvendando os quadrinhos. São Paulo, Makron books, 2005.

MELO, J. G. Dicionário multimídia: jornalismo, publicidade e informática. São Paulo: Arte & Ciência, 2003.

MOORE, K. The radium girls: They paid with their lives: Their final fight was for justice. London: Simon & Schuster UK, 2016.

MOREIRA MA. Al final, que és aprendizaje significativo?. Revista Qurrriculum. v. 25, p. 29-56, 2012.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. 4ª reimp. São Paulo: Centauro, 2016. Acesso em: 26 abr. 2023.

MOREIS, C. S. A Radioatividade e o Ensino de Química: um tema para debate. In: XVI Semana da Educação e VI Simpósio de Pesquisa e Pós-graduação em Educação -Desafios Atuais para a Educação. 2015. Londrina. Anais, Londrina: UEL, 2015, p. 21-25.

MORTIMER, E. F. e SANTOS, W. L.P. Políticas e práticas de livros didáticos de química: o processo de constituição da inovação x redundância nos livros didáticos de química de 1833 a 1987. In: ROSA, M. I. P. e ROSSI, A. V. (org). Educação Química no Brasil: memórias, política e tendências. Campinas: Editora Átomo, 2ª ed., p. 85-104, 2012.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. O Ensino de ciências nas salas de aula: estabelecendo relações. In: CARRETERO, M.; CASTORINA, J. A. (Org.). Desenvolvimento cognitivo e educação: processos do conhecimento e conteúdos específicos. Porto Alegre: Penso, 2014. Cap. 12, p. 268-294.

MOTTA, R. L. Metodologia de Design aplicada à concepção de Histórias em Quadrinhos Digitais. 2012. 159 p. Dissertação (Mestrado em design), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/11595>> Acesso em: 11 mar. 2023.

MOYA, A.; História da história em quadrinhos, 2 ed. São Paulo: Ed. Brasiliense, 1993.

NUNES, J. M. V.; MENDES, S. F. M.; OLIVEIRA, E. P. Histórias em quadrinhos: recurso motivador de aprendizagem significativa em matemática. Revista Desafios, v. 5, n. 1, p. 72-92, 2018.

NUNES, L. D. MESQUITA, A. S. O tema radioatividade nas Revistas da SBQ e as possíveis contribuições para o Ensino de Radioatividade na Educação Básica. In: Anais do XVIII encontro de debates do centro-oeste sobre o ensino de química (ECODEQ - UFMT/CUA). Barra do Garças (MT) UFMT, 2021.

OLIVEIRA, E. H. P. Ensino de histórias em quadrinhos no 6º ano do Ensino Fundamental. Brasília, 2013. 61f. TCC (Licenciatura em Letras) – Centro Universitário de Brasília, 2013.

ORNELLAS, J. F.; MELO, L. G. Uso de histórias em quadrinhos para ensinar ciências/química por meio dos superpoderes dos heróis. Experiências em Ensino de Ciências, v. 15, n.1, p. 558-573, 2020.

PIAGET, Jean. Epistemologia Genética. Petrópolis: Vozes, 1970.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

PRADO, C. C.; JUNIOR, C. E. S.; PIRES, M. L. Histórias em quadrinhos: uma ferramenta para a educação e promoção da saúde. RECIIS, v. 11, n. 2, 2017

RYAN, R. M.; DECI, E. L. Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. Contemporary educational psychology, 25(1), 54-67, 2000.

SANTOS, D. R. Ensino de ciências da natureza aos alunos surdos: As histórias em quadrinhos como recurso pedagógico. Curitiba: Editora Appris, 2017.

SANTOS, J. C. SILVA, A. C. T. OLIVEIRA, F. S. Histórias em Quadrinhos no ensino de Química: o que tem sido produzido em revistas e eventos da área na última década. In: Encontro Nacional de Ensino de Química, Florianópolis: 2016. Anais do XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Química, p. 1-11, 2016.

SANTOS, T.C.; PEREIRA, E.G.C. Histórias em quadrinhos como recurso pedagógico. Revista Práxis, Rio de Janeiro, v. 5, n. 9, p. 52-56, 2013.

SANTOS, V. J. R. M. A utilização da linguagem dos quadrinhos no ensino de Ciências da Natureza na educação básica. Tese (doutorado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Ciências Básicas da Saúde. Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências, Química da Vida e da Saúde. Porto Alegre. 2019.

SILVA, J. N. HQ nos livros didáticos. In: LUYTEN, S. M. B. (Ed.). História em Quadrinhos: leitura crítica. São Paulo: Edições Paulinas, 1984.

SILVA, L. C. M. A Radioatividade como tema em uma perspectiva Ciência Tecnologia-Sociedade com foco em História e Filosofia da Ciência. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília, 2009.

SOARES, M. H. F. B. Jogos e atividades lúdicas no ensino de química: uma discussão teórica necessária para novos avanços. REDEQUIM, v. 2, n. 2, p. 5-13, 2016.

SOARES, M. H. F. B.; Jogos e Atividades Lúdicas para o Ensino de Química. 2a. Edição. Goiânia: Kelps, 2015

VASCONCELOS, F. C. G. C.; SILVA, J. O. C. Percepções de licenciandos em química sobre uso de tira cômica como recurso didático. Revista Eletrônica Ludus Scientiae, Foz do Iguaçu, v. 01, n. 02, p. 47-65, 2017.

VERGUEIRO, W. Uso das HQs no ensino. In: RAMA, A.; VERGUEIRO, W.; (orgs.). Como usar as histórias em quadrinhos na sala de aula. 4. ed., 2ª reimpressão. –São Paulo: Contexto, 2018.

VERGUEIRO, W. Uso das HQs no ensino. In: VERGUEIRO, V.; RAMA, A. (Eds.). Como usar as histórias em quadrinhos na sala de aula. 3. ed. São Paulo: Contexto, 2008. p. 7–29.

VERGUEIRO, W.; RAMOS, P. (orgs.). Quadrinhos na Educação. São Paulo: Contexto, 2013.

VERGUEIRO, W.; RAMOS, P. Quadrinhos na educação: da rejeição à prática. São Paulo: Contexto, 2015.

VIGOTSKY, L. S. A formação social da mente: o desenvolvimento social da mente. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

VILELA, T. Os quadrinhos na aula de História In: RAMA, Angela; VERGUEIRO, Waldomiro. (Orgs.). Como usar as histórias em quadrinhos na sala de aula. São Paulo: Contexto, 2010.