



DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E MECÂNICA QUÂNTICA: A CONSTRUÇÃO DE UMA HISTÓRIA EM QUADRINHOS PARA INVIABILIZAR PSEUDOCIÊNCIAS QUÂNTICAS

SCIENCE DISSEMINATION AND QUANTUM MECHANICS: THE CONSTRUCTION OF A COMIC BOOK TO MAKE UNFEASIBLE QUANTUM PSEUDOSCIENCES

Mariana Mota Gomes¹, Michel Bastos Lourenço² e Ronni Geraldo Gomes de Amorim³

^{1, 2, 1} Universidade de Brasília, Faculdade Gama (UnB - Gama), mota.mariana@aluno.unb.br.

^{1, 2, 2} Secretaria de Educação do Distrito Federal -SEEDF, michelbastos@edu.se.df.gov.br.

^{1, 2, 3} Universidade de Brasília, Faculdade Gama (UnB - Gama), ronniamorim@unb.br.

Resumo

A mecânica quântica constitui uma das teorias científicas mais importantes da atualidade, sendo responsável por revolucionar o pensamento vigente e moldar importantes discussões. Desse modo, essa teoria passou a fascinar o público não-especializado, causando implicações em níveis socioculturais. Contudo, ao se distanciar do meio acadêmico e incorporar discussões subjetivas, ela se tornou alvo de pseudociências e do misticismo quântico. Diante disso, o presente trabalho apresenta o contexto dessa problemática e a divulgação científica como um intermédio para combater essas pseudociências. Mediante a construção e a aplicação de uma História em Quadrinhos que busca explicitar as principais características dessas pseudociências com o intuito de acessibilizar o conhecimento científico e a física moderna e contemporânea do público leigo, principalmente, de alunos do ensino básico, abordando-se aqui alunos da Educação de Jovens e Adultos.

Palavras-Chave: Mecânica Quântica; Divulgação Científica; Pseudociências; Misticismo Quântico.

Abstract

Quantum mechanics is one of the most important scientific theories today, being responsible for revolutionizing current thinking and shaping important discussions. Thus, this theory has fascinated the non-specialized public, causing implications on socio-cultural levels. However, as it distanced itself from academia and incorporated subjective discussions, it became the target of pseudoscience and quantum mysticism. In light of this, this paper presents the context of this problem and scientific dissemination as an intermediary to combat these pseudosciences. Through the construction and application of a Comic Strip that seeks to explain the main characteristics of these pseudosciences in order to make scientific knowledge and modern and contemporary physics accessible to the lay public, especially to students in basic education, addressing here students of Youth and Adult Education.

Keywords: Quantum Mechanics; Scientific Dissemination; Pseudosciences; Quantum Mysticism.

Introdução

A mecânica quântica (MQ) cativa cientistas e deslumbra leigos. Permeada por implicações científicas e filosóficas de complexidade e importância indubitáveis, ela constitui uma teoria que continuamente molda o destino do desenvolvimento tecnológico hodierno. Dessa maneira, com a sua popularização e ao adentrar no vocabulário do senso comum, a teoria quântica passou a



fascinar o público não-especializado, causando impactos em níveis socioculturais (CRUZ, 2010). Entretanto, na ausência de respaldo científico e acesso a conhecimentos específicos, tornou-se alvo de difusão de pseudociências, misticismos e charlatanices quânticas.

Diante disso, o misticismo quântico se instaurou na tentativa de conectar os fenômenos dos domínios atômico e subatômico às subjetividades macroscópicas humanas, abarcando questões relativas a mente, consciência, curas, terapias e práticas esotéricas. Com o advento das mídias sociais e a dinamização do acesso a informações, esse misticismo junto às suas pseudociências passou a ser amplamente divulgado como possibilidade factível para a resolução de problemas subjetivos. A periculosidade dessas práticas, no entanto, compreende a problemáticas como a credulidade em demasia, o afastamento do âmbito científico do social e, logo, a normalização e disseminação do negacionismo científico (PILATI, 2018).

Nessa perspectiva, propõe-se desconstruir o misticismo quântico, aqui abordado mais especificamente por meio da “cura quântica”, com a divulgação científica por meio da construção de uma História em Quadrinhos (HQ). A partir disso, entende-se que esse material se destine preliminarmente a alunos do ensino básico, visto que os tópicos da física moderna e contemporânea (FMC) constituem grande influência para a compreensão do mundo atual, necessitam de debates e aperfeiçoamentos em sua abordagem e na construção do pensamento científico (TERRAZZAN, 1992). Sendo assim, uma HQ voltada a desmistificação dos tópicos da MQ representa inserir uma metodologia que acessibilize conceitos por intermédio da contextualização da situação-problema e na aproximação entre a narrativa e o cotidiano dos interlocutores. Posto que as HQs possuem um conjunto de funções lúdicas e linguísticas capazes de serem úteis para o processo de ensino e aprendizagem (TESTONI; ABIB, 2003) e a decodificação dos quadrinhos alia interpretações de uma linguagem acessível que vem sendo usado de maneira muito positiva como ferramenta de ensino crítico (CARUSO; FREITAS, 2009).

Com isso, formulando-a, propõe-se a aplicação da HQ como parte de uma sequência didática voltada para o ensino básico, visando identificar e esclarecer as implicações de pseudociências quânticas e estimular os estudantes a se interessarem pelo conhecimento científico. Além disso, essa aplicação ocorreu durante um dos piores cenários da história recente, a pandemia do COVID-19. Esse contexto promoveu mudanças repentinas e drásticas no cenário da educação brasileira, sendo permeado por empecilhos como o cotidiano diário de mortes, o isolamento social, as Fake News, os discursos anticientíficos e as aulas remotas.

Para as finalidades aludidas, parte-se da construção de um referencial teórico-metodológico pautado na identificação de pseudociências quânticas, na importância do senso crítico no ensino de FMC, além do uso de HQs no ensino e divulgação de ciências. E, a partir disso, apresenta-se a HQ desenvolvida e sua aplicação por meio de uma sequência didática, em aulas com diálogos acerca de fontes confiáveis e identificação de pseudociências quânticas, com a consulta e auxílio da HQ produzida. A instituição escolhida para a aplicação da HQ foi o Educacional Engenho das Lages, uma escola rural localizada na região administrativa do Gama (DF), sendo determinada uma turma da Educação de Jovens e Adultos (EJA) para tanto.

1. Fundamentação Teórica

1.1. Contexto e Identificação de Pseudociências Quânticas

Associar a MQ ao místico constitui uma prática sustentada por argumentos que buscam atribuir à natureza finalidades pertencentes ao âmago humano. Segundo Pessoa Jr. (2010), essa atitude, denominada naturalismo animista, está inserida em interpretações da teoria que levam ao misticismo quântico. De acordo com o autor, essas interpretações partem do estabelecimento de



uma associação íntima entre a consciência humana e/ou a espiritualidade e os fenômenos quânticos.

Esse misticismo abrange questões relacionadas à representação social do conhecimento científico e aos processos de apropriação cultural e transposição desse conhecimento. No entanto, a apropriação da MQ no contexto místico não se ampara em fatos e no método científico, mas se utiliza de falácias e crenças pessoais para se promoverem e difundirem. Desse modo, identificar amostras do misticismo quântico no cotidiano e distingui-las, de maneira clara para o público leigo, implica em evidenciar primordialmente do que se trata de uma teoria científica e sobre o método que a constrói.

Além disso, a popularidade de práticas relativas ao misticismo quântico pode ser atestada com uma busca pela internet, conforme se verificou que “uma busca exhibe cerca de 9 milhões de entradas para medicina quântica; 3 milhões, para cura ou terapia quântica; 6 milhões para psicologia quântica; 3 milhões para mente quântica e quase o mesmo número para o tantra quântico” (CRUZ, 2010). Destarte, esses resultados de busca apresentam uma preocupação substancial à forma como o termo quântico(a) está disponível e acessível para o público leigo. Ressalta-se, ademais, que há na literatura, desde meados da década de 70, livros dedicados a disseminar inúmeras dessas práticas pseudocientíficas, como O Tao da Física (CAPRA, 1975) e Cura Quântica (CHOPRA, 1989), dentre vários outros.

O espaço fornecido para a difusão dessa literatura propiciou o crescimento de práticas relativas a terapias alternativas e discursos que se apropriam de termos físicos, como frequência e vibração, materializando-se em curas milagrosas e soluções imediatas para problemas de cunho estritamente pessoal. Além das consequências abordadas inicialmente, isso acarreta um perigo potencial à saúde pública, já que essas pseudociências influenciam pacientes a abandonarem tratamentos médicos, embasados cientificamente (SOLBES, 2019).

Essa apropriação indébita da teoria quântica pode ser sustentada por uma série de argumentos, dentre os quais é possível identificá-la a partir de alguns pressupostos explorados por Pessoa Jr. (2010) como: partindo do Princípio da Incerteza, afirma-se que o observador humano é responsável pela determinação/criação da realidade; a consciência constitui um fenômeno fundamentalmente quântico; justifica-se visões e posicionamentos religiosos a partir da teoria quântica e dentre outros. Assim, nota-se que esses argumentos não são passíveis de verificação por experiências, portanto, não são falseáveis e não podem constituir uma teoria científica (POPPER, 2013). Dessa forma, é necessário acessibilizar a divulgação científica a fim de paramentar as pessoas com pensamento crítico e ceticismo necessários para discernir ciência do charlatanismo (PILATI, 2018, p. 112), direcionando a construção de um conhecimento imparcial e crítico, auxiliando na identificação de falácias, muito utilizadas em alegações pseudocientíficas.

1.2. Contexto e Identificação de Pseudociências Quânticas

Defronte da sucessiva disseminação das pseudociências quânticas, a educação básica se encontra como um meio expressivo para nortear cidadãos em formação acerca da produção científica e das nuances que a circunda. Para tanto, é necessário que o ensino siga uma concepção humanista e problematizadora e exija reflexões críticas contínuas, tanto de educandos quanto de educadores, com a finalidade de compreender e resolver de modo empático e consciente as problemáticas que os rodeiam (FREIRE, 1967). É notório que o ensino de física se apresenta, na maioria dos casos, em aulas meramente expositivas, no entanto, é fundamental que esse ensino esteja pautado no papel histórico, social e cultural que a física desempenha e abarca.

No contexto do ensino da FMC, abordagem, currículo e conteúdos presentes na instância brasileira constituem preocupações que, desde o final do século XX, discorrem sobre a importância



de inserir temáticas atuais da física para que os estudantes compreendam como funcionam aparelhos e artefatos atuais, bem como muitos fenômenos cotidianos (TERRAZZAN, 1992). De acordo com Ostermann e Moreira (2000), o ensino coerente de FMC no nível de ensino básico possui suma relevância, pois a apresentação de temas atuais da física auxilia a formação de uma imagem mais adequada dos conteúdos e de seu caráter científico, sobrepujando, assim, a percepção linear do desenvolvimento científico.

Dessa forma, de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino médio (PCNEM) (BRASIL, 2021, p. 65), o ensino da MQ, por si só, possui um grande potencial para elucidar maneiras pelas quais a física e a tecnologia influem na construção e expressão de interpretações do mundo em sua completude, já que seus conceitos extrapolam para diversas áreas. Todavia, considera-se que para que tal propósito seja alcançado, é substancial que a linguagem utilizada seja acessível e clara, visto que é impreterível a construção de novos termos os quais não pertencem ao vocabulário aprendido com os tópicos de física tradicionalmente abordados nesse nível de ensino, predominado por uma visão de mundo determinística. Sendo assim, apreende-se para a efetivação desse ensino tão somente deve-se haver uma busca por alternativas de abordagem metodológica ante a realização de pesquisas em sala de aula.

Ademais, sabe-se que a MQ exige muita abstração, além de análises circunspectas e metódicas. Em vista disso, um dos motivos pelos quais Torre (1998, apud OSTERMANN; MOREIRA, 2000) justifica o ensino congruente da FMC e, notadamente, a teoria quântica, trata-se de proteger o estudante “do obscurantismo, das pseudociências e das charlatanias pós-modernas.”

Mediante isso, a ausência desses conteúdos afeta a formação específica e dificulta a alfabetização científica no ambiente escolar; contudo, independente da educação escolar, difunde-se continuamente a apropriação e ressignificação indevidas de conhecimentos científicos em diversos grupos sociais (CRUZ; CRUZ, 2009), como o misticismo quântico.

1.3. Uso de HQs no Ensino e Divulgação de FMC

A utilização de histórias em quadrinhos como recurso didático se apresenta promissora no campo do ensino de ciências. As HQs, em sua elaborada interação de palavras e imagens em quadrinhos, possuem o potencial de ir além dos livros didáticos tradicionais, delineando narrativas que podem ajudar a gerar coerência e contexto para assimilar informações e, dessa maneira, ser uma ferramenta pedagógica envolvente para os estudantes (HOSLER; BOOMER, 2011).

Visando despertar o interesse e fomentar a curiosidade, a HQ, por seu caráter lúdico, pode ser um instrumento de apoio para prender a atenção de quem a lê e abordar conteúdos de modo claro e imaginativo (CARUSO; FREITAS, 2009). Além disso, diante do panorama geral do ensino de Física e a necessidade de inovações no mesmo, o uso de HQs deve ser apresentado de forma instigadora, ou seja, possuindo como características uma linguagem universal, fácil leitura, códigos conhecidos, estrutura dinâmica, catarse e desafio lúdico, para constituir um processo construtivista de ensino desencadeado por uma problematização geradora da discussão posterior (TESTONI; ABIB, 2003). É notável que a produção de uma HQ exige cuidados relacionados a conteúdo, linguagem, abordagem e assimilação de informações.

Nesta situação, deve-se prezar pelo esclarecimento de ideias errôneas que, de alguma forma, passaram a integrar o imaginário do senso comum, corrigindo-as e ilustrando conceitos científicos sem impô-los ou estabelecer hierarquias de conhecimento. Isto posto, tendo referências como a criação da Oficina de “Educação de Ciências através de Histórias em Quadrinhos” – EDUHQ (CARUSO; CARVALHO; SILVEIRA, 2002) que se empenhou na inserção deste instrumento metodológico para engajar alunos e professores na imersão no desenvolvimento de tirinhas, é factível inserir ferramentas de aprendizagem que respeitem a autonomia de pensamento



do estudante, desde que a mesma parta de um norteamento consciente e crítico, tendo o docente como mediador.

2. Métodos e Materiais

Em face da revisão de literatura e das análises iniciais, elaborou-se uma história em quadrinhos, partindo do termo “Cura Quântica”, na qual uma pessoa leiga ao se deparar com o termo se atrai pela possibilidade de cura imediata e se torna alvo do charlatanismo. A narrativa construída parte de conceitos para desmistificar o termo quântico e explicitar o que torna uma prática como pseudocientífica. Assim, a HQ desenvolvida possui o caráter de gibi, uma vez que é composta por cinco páginas desenvolvidas de maneira manuscrita, com um total de 28 quadrinhos.

Figura 1 – Parte 1 da HQ produzida.



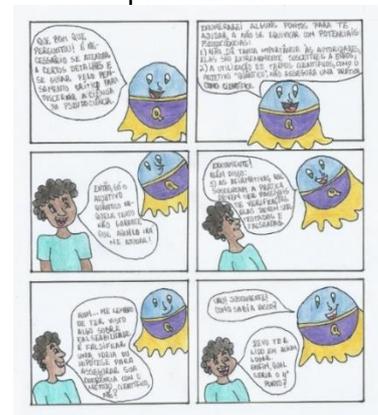
Fonte: Elaboração própria (2021).

Figura 2 – Parte 2 da HQ produzida.



Fonte: Elaboração própria (2021).

Figura 3 – Parte 3 da HQ produzida.



Fonte: Elaboração própria (2021).

Na primeira parte, vista na Figura 1, há a apresentação das personagens e do problema a ser debatido, de modo que o protagonista Sr. Quantum é responsável por guiar a primeira personagem na desconstrução de uma pseudociência quântica. Na segunda parte, Figura 2, é enunciado o que se trata de uma pseudociência e a MQ. A partir das questões indagadas, na Figura 3, enuncia-se os primeiros principais pontos para não ser enganado por uma prática pseudocientífica: 1) Não atribuir importância única às autoridades, uma vez que elas, por si só, estão suscetíveis a erros e vieses; 2) A atribuição de termos científicos a uma prática, como o adjetivo quântico(a), não assegura que ela como de fato científica; 3) Práticas científicas devem ser passíveis de verificação, elas devem ser testadas empiricamente e falseadas (POPPER, 2013, p. 41). A Figura 4 completa os tópicos: 4) Deve-se sempre priorizar fontes confiáveis para a assimilação dessas práticas, acessando referências e discernindo argumentos coerentes de crenças embasadas em relatos pessoais e 5) Na busca por atividades científicas, preza-se por explicações, reflexões e comparações imparciais, desvincilhando-se da busca por corroborações entre o que se acredita e a ciência.



Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022

II Encontro do MNPEF (En-MNPEF)
VIII Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF)
XI Escola de Física Roberto A. Salmeron (EFRAS)

Universidade de Brasília
Instituto de Física
12 a 16 de dezembro de 2022

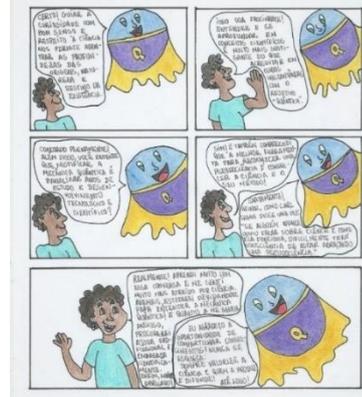
100 anos de Darcy Ribeiro

Figura 4 – Parte 4 da HQ produzida.



Fonte: Elaboração própria (2021).

Figura 5 – Parte 5 da HQ produzida.



Fonte: Elaboração própria (2021).

Assim, a HQ desenvolvida é encerrada com a Figura 5, na qual a compreensão da primeira personagem acerca de uma pseudociência quântica é atingida por meio do processo dialético promovido e norteador pela personagem Sr. Quantum, visto que “uma forma eficiente e relevante de combate (às pseudociências) é justamente apresentar ao maior número possível de pessoas as características de como o pensamento científico funciona” (PILATI, 2018, p. 113).

Para a aplicação dessa HQ durante as aulas de Física, foi proposta uma sequência didática com situações-problema de nível de complexidade crescente, a fim de resgatar conhecimentos prévios, possibilitando, posteriormente, a diferenciação progressiva dos conceitos na estrutura cognitiva do estudante. Essa sequência foi exposta por meio de encontros organizados da seguinte maneira: no primeiro, discorreu-se sobre a diferenciação entre pesquisas sérias de informações potencialmente mentirosas; no segundo, foram apresentados expositivamente as características da ciência e o que a diferenciava da pseudociência, que resultou em conversas significativas e, o terceiro foi dedicado à conversa mediada a respeito da atividade avaliativa 1, que consistia em pesquisar nas mídias digitais exemplos que configuravam práticas pseudocientíficas.

Tendo em vista o contexto de pandemia, a aplicação e obtenção dos dados foram feitas por meio de encontros remotos, enquetes e formulários disponibilizados na plataforma Google Meet. A atividade foi feita com estudantes da 3ª etapa do 3º segmento da EJA, no Centro Educacional Engenho das Lages. A turma era composta por 29 estudantes matriculados, entre 18 e 42 anos de idade, sendo que destes apenas 9 estudantes tiveram condições de participar pela plataforma do Google Sala da Aula. Os demais, realizam atividades impressas ou não tiveram condições de continuar os estudos.

3. Resultados e Discussões

Os resultados da aplicação da HQ foram obtidos com o produto educacional formulado para as discussões e atividades durante as aulas. Posterior à aplicação deste produto educacional, computou-se dados que revelam a existência de aprendizagem, o aumento na assiduidade, participação e interesses dos estudantes que interagiram com as atividades propostas. Com a finalidade de coletar informações acerca dos conhecimentos prévios dos estudantes, foi realizado no primeiro encontro, uma enquete para aferir sobre onde os estudantes buscavam e julgavam encontrar informações confiáveis, estabelecendo uma escala de 1 a 5, onde o mais confiável é o 5 e o menos confiável é o 1.



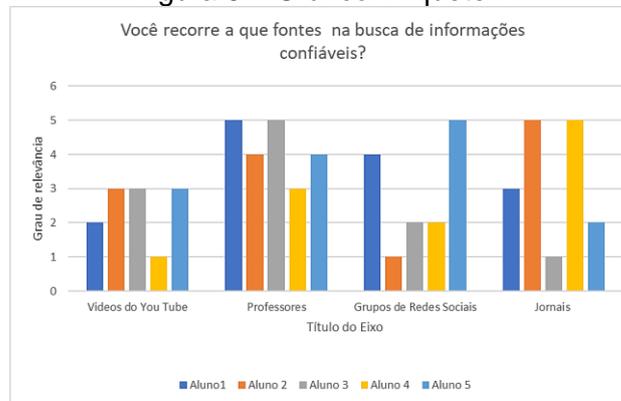
Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022

II Encontro do MNPEF (En-MNPEF)
VIII Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF)
XI Escola de Física Roberto A. Salmeron (EFRAS)

Universidade de Brasília
Instituto de Física
12 a 16 de dezembro de 2022

100 anos de Darcy Ribeiro

Figura 6 – Gráfico Enquete 1



Fonte: Elaboração própria (2021).

À vista dos dados aferidos, é perceptível que estudantes, em sua maioria, confiam nos professores e em jornais visando encontrar informações confiáveis. Contudo, é importante ressaltar que uma parcela dos estudantes atribui certa confiança aos vídeos do Youtube e a grupos de redes sociais. Ademais, não foram contabilizados, para fins de análise de conhecimentos prévios, os estudantes que fizeram a atividade posteriormente, uma vez que foi notado um vício nos resultados, indicando que eles assistiram a aula completa e depois realizaram a enquete.

Na aplicação da HQ, durante o terceiro encontro, ao se abordar os 5 pontos para identificar potenciais pseudociências e aplicá-los a notícias e anúncios encontrados na internet, 7 alunos (63% da turma) apresentaram a devolutiva da atividade proposta. Nas respostas, observou-se que os estudantes procuraram aplicar as regras mencionadas nos quadrinhos, especialmente a 2ª. O contexto da instituição também influenciou as respostas analisadas, uma vez que por se tratar de uma escola rural, houve respostas que envolviam o trato com animais. Ao investigar o motivo desses estudantes trazerem tais exemplos, eles mencionaram que trabalhavam perto da EMBRAPA e tinham ouvido falar de algo a respeito de práticas potencialmente pseudocientíficas.

Aluno 1: “Como interpretar os sintomas dos animais através da anamnese vibracional.”

Aluno 2: “Curso de saúde quântica para animais.”

Em outras duas entregas, os estudantes encontraram matérias envolvendo o discurso de autoridades sobre a vacina:

Aluno 3: “Se você tomar uma vacina e virar jacaré, o problema é seu.”

Aluno 4: “Médica diz que ivermectina tem eficácia maior que vacina e pede para colegas “estudarem mais”: Vacina jamais atingirá imunização do medicamento.”

Dessa mesma atividade, foram obtidas mais três respostas envolvendo as denominadas “terapias quânticas” sendo que uma delas relacionada ao tratamento precoce do imunológico contra a COVID-19.

Aluno 5: “Terapia Quântica um conceito para vida pessoal e profissional.”

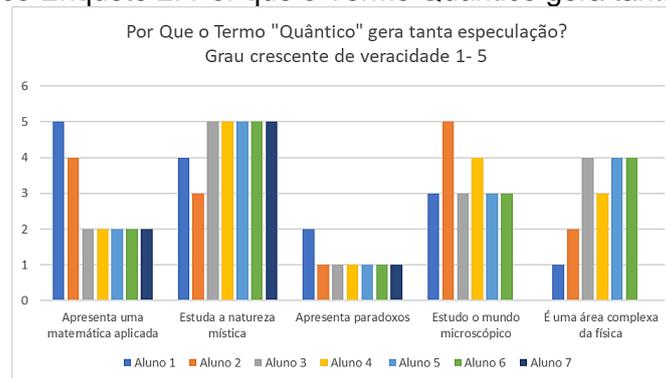
Aluno 6: “Medicina Quântica já tem registro de curas, dizem médicos.”



Aluno 7: “Aprenda como a terapia quântica atua precocemente contra a COVID-19.”

Além disso, no segundo momento do terceiro encontro, resgatou-se alguns quadros da HQ para revisar a aprendizagem e dar base para a última situação-problema abordada nesse momento. Na enquete proposta, foram obtidos os seguintes dados que foram usados na abordagem dos conceitos introdutórios.

Figura 7 – Gráfico Enquete 2: Por que o Termo Quântico gera tantas especulações?



Fonte: Elaboração própria (2021).

Desse modo, observou-se nessa enquete uma tendência de associação do termo quântico a algo místico ou misterioso. E, com isso, finalmente, a atividade responsável por concluir a sequência didática se referiu à elaboração de um parágrafo que concatenasse respostas às questões abordadas e estabelecendo as diferenças entre a MQ e as potenciais pseudociências quânticas encontradas nessa conjuntura. Nesta atividade, 8 estudantes participaram enviando via plataforma e suas respostas foram condizentes com o que foi abordado ao longo da sequência. Dentre as respostas, destacam-se:

Aluno 1: “Atualmente vemos muitas Fake News, precisamos verificar se a fonte da informação é confiável e analisar se o método usado na informação segue os métodos usados na ciência, que são confiáveis e testáveis. Precisamos confiar na ciência. A respeito das terapias quânticas precisamos estar alertas para não sermos enganados pelo uso do termo quântico e confundir o que é científico do que é místico ou que se baseia em um ato de fé ou credulidade. A MQ apresenta um estudo profundo e além da nossa imaginação sobre a natureza do átomo e da luz e traz grandes contribuições para a humanidade, o fato de apresentar paradoxos não deve dar margem para encontrar respostas no mundo místico.”

Aluno 2: “A ciência é a fonte de informações confiável, as pessoas muitas vezes distorcem as informações para confundir por isso precisamos sempre estar alertas as informações que ouvimos ou lemos para não sermos enganados, especialmente quando se usa o termo quântico. É preciso saber diferenciar a Física Quântica do Misticismo, pois a física quântica segue os elevados padrões do método científico que são testados e comprovados já a cura quântica envolve o mundo místico e tradições religiosas.”



Isto posto, observou-se que houve uma motivação significativa dos estudantes, tendo em vista o panorama inicial e final da aplicação da HQ, e, assim, os estudantes afirmaram interesse para o aprofundamento em tópicos de física quântica, especialmente na análise dos paradoxos quânticos e em aplicações na tecnologia contemporânea. Além disso, pelas respostas analisadas, é possível inferir que a apresentação inicial da MQ possibilitou a inserção dos conceitos abordados e evidenciam que a utilização de HQs como fonte de motivação para os estudantes se refere justamente a sua forma e sua linguagem características, facilitando a assimilação do conteúdo (CARUSO; FREITAS, 2009).

4. Considerações Finais

Observa-se que a divulgação científica é primordial para acessibilizar e popularizar o desenvolvimento científico. Diante do crescente negacionismo da ciência, desmistificar conceitos relativos à MQ e desconstruir suas respectivas pseudociências significa estender a compreensão do público leigo acerca da realidade na qual está inserido.

No que concerne às limitações para a execução da HQ, destaca-se que há potenciais aprimorações para serem feitas como o processo de criação inteiramente digital e a adaptação da linguagem para a aplicação em ensino fundamental. Ademais, mostra-se possíveis as aprimorações citadas, bem como o desenvolvimento de continuações para a protagonista criada. Além disso, a aplicação da HQ evidencia alguns pontos peculiares que requerem interpretações mais aprofundadas, especialmente às relacionados com os efeitos da pandemia do COVID-19 na rotina dos estudantes, com maior destaque aos que moram em áreas carentes e remotas, não possuindo, muitas vezes, acesso a recursos tecnológicos e internet. Esse fator foi decisivo, por exemplo, sobre a quantidade de alunos que participaram da sequência didática, fato explicitado pela participação da turma escolhida: dos 29 estudantes, apenas 9 puderam desenvolver a atividade da maneira como foi planejada.

Dessa maneira, dentro de suas limitações, a sequência pedagógica, demonstrou-se exitosa, dentro do que foi proposto, e adequada para estudantes do Ensino de Jovens e Adultos. Observou-se os indícios de aprendizagem significativa nas atividades e avaliações propostas e aumento potencial de interesse para o assunto o qual estava sendo introduzido. Notou-se, além disso, que o planejamento e a execução dessa sequência didática direcionados para a modalidade remota de ensino possibilita a cronometragem do tempo e a dinamicidade da aula.

Em suma, ressalta-se que a popularização da FMC deve ser acompanhada pela criticidade tanto no contexto de ensino quanto de divulgação, para que assim o misticismo quântico seja impossibilitado como explicação factível, de forma que a ciência seja cativante por si só para o público leigo. Já que quanto mais próximos a ciência e o método científico estiverem da sociedade, maiores são as esperanças de desenvolvimentos plurais, conscientes e democráticos.

Referências

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. PCNEM Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2021.

CAPRA, F. **The Tao of Physics: An Exploration of the Parallels between Modern Physics and Eastern Mysticism**. Berkeley: [New York]: Shambhala; distributed in the U.S. by Random House, 1975.



Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022

II Encontro do MNPEF (En-MNPEF)
VIII Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF)
XI Escola de Física Roberto A. Salmeron (EFRAS)

Universidade de Brasília
Instituto de Física
12 a 16 de dezembro de 2022

100 anos de Darcy Ribeiro

CARUSO, F.; CARVALHO, M.; SILVEIRA, M. C. Uma proposta de ensino e divulgação de ciências através dos quadrinhos. **Ciência & Sociedade**, v. 8, p. 1-9, 2002.

CARUSO, F.; FREITAS, N. Física moderna no Ensino Médio: o espaço-tempo de Einstein em tirinhas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 2, p. 355-366, ago. 2009.

CHOPRA, D. **Quantum Healing: exploring the frontiers of mind/body medicine**. New York: Bantam Books, 1989.

CRUZ, F. F. S. Mecânica Quântica e a cultura em dois momentos. In: **Teoria Quântica: estudos históricos e implicações culturais**, p. 303-318, 2010.

CRUZ, F. F. S.; CRUZ, S. M. S. Pode o ambiente cultural e social definir o conteúdo escolar de física: o caso da MQ. In: **VII ENPEC, Encontro Nacional em Pesquisa em Educação em Ciências**, Florianópolis, 2009. Atas [...]. Florianópolis: UFSC, 2009.

FREIRE, P. **Papel da educação na humanização**. 1967.

HOSLER, J.; BOOMER, K. B. Are comic books an effective way to engage nonmajors in learning and appreciating science?. **CBE—Life Sciences Education**, v. 10, n. 3, p. 309-317, 2011.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. **Investigações em ensino de ciências**, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000.

PESSOA Jr, O. O fenômeno cultural do misticismo quântico. In: **Teoria Quântica: estudos históricos e implicações culturais**, p. 281-300, 2010.

PILATI, R. **Ciência e pseudociência: Por que acreditamos naquilo em que queremos acreditar**. São Paulo: Contexto, 2018.

POPPER, K. R. **A lógica da pesquisa científica**. 2ª ed. São Paulo: Cultrix, 2013.

SAGAN, C. **O mundo assombrado pelos demônios: A ciência vista como uma vela no escuro**. São Paulo: Companhia da Letras, 2006.

SOLBES, J. Cuestiones socio-científicas y pensamiento crítico: Una propuesta para cuestionar las pseudociencias. **Tecné, Episteme y Didaxis: TED**, n. 46, p. 81-99, 2019.

TERRAZZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, dez. 1992.

TESTONI, L. A.; ABIB, M. L. V. S. A utilização de histórias em quadrinhos no ensino de física. In: **Encontro Nacional de Pesquisa Em Educação Em Ciências**, v. 4, 2003.