

UM SUPER-HERÓI NO REINO QUÂNTICO: UTILIZANDO O FILME DO HOMEM-FORMIGA NO ENSINO DA FÍSICA MODERNA

A SUPERHERO IN THE QUANTUM REALM: USING ANT-MAN IN THE TEACHING OF MODERN PHYSICS

Barbara Maria dos Santos Antunes

bmsa@discente.ifpe.edu.br

Prof. Me. Cícero Jailton de Moraes Souza

cicero.souza@pesqueira.ifpe.edu.br

RESUMO

O ensino de Física Moderna nas escolas de Nível Médio tem enfrentado ao longo dos anos diversas dificuldades e desafios devido a incontáveis fatores, resultando na falta de vivência e compreensão superficial por parte dos alunos em relação a essa área fundamental da Física (OLIVEIRA; VIANNA; GERBASSI; 2007). Por esta razão, tem-se buscado aplicar abordagens que facilitem o aprendizado dos alunos e que estejam mais próximas da realidade do seu cotidiano. Com esse propósito, o objetivo deste trabalho é criar discussões e sugerir uma nova metodologia, que difere do modelo tradicional, sem invalidar sua importância e fundamentalidade, mas buscando atrair e despertar o interesse dos alunos pela disciplina de Física, especialmente em relação aos temas abordados na Física Moderna. Dessa maneira, foi desenvolvida uma intervenção nas turmas de Ensino Médio na disciplina de Física, de forma simples e contextualizada, utilizando o apoio dos filmes do Homem-Formiga. O objetivo foi analisar e debater a funcionalidade desta metodologia. Para realizar essa análise, foram aplicados questionários, nos quais os alunos tiveram a oportunidade de avaliar como o conteúdo foi apresentado e o desempenho da metodologia adotada. Através das respostas dos alunos nos questionários, foi possível constatar que eles se mostraram interessados e obtiveram um maior aprendizado com o método utilizado.

Palavras-chave: Física Moderna. Ensino de Física. Homem-Formiga. Tunelamento Quântico.

ABSTRACT

The teaching of Modern Physics in secondary schools has faced several difficulties and challenges over the years due to countless factors, resulting in a lack of experience and superficial understanding on the part of students in relation to this fundamental area of Physics (OLIVEIRA; VIANNA; GERBASSI; 2007). For this reason, we have sought to apply approaches that facilitate student learning and that are closer to the reality of their daily lives. With this purpose, the objective of this work is to create discussions and suggest a new methodology, which differs from the traditional model, without invalidating its importance and fundamentality, but seeking to attract and awaken students' interest in the Physics discipline, especially in relation to the topics covered in Modern Physics. In this way, an intervention was developed in high school classes in the Physics discipline, in a simple and contextualized way, using the support of the Ant-Man films. The objective was to analyze and debate the functionality of this methodology. To carry out this analysis, questionnaires were administered, in which students had the opportunity to evaluate how the content was presented and the performance of the adopted methodology. Through the students' responses to the questionnaires, it was possible to verify that they were interested and gained greater learning with the method used.

Keywords: Modern physics. Teaching Physics. Ant Man. Quantum Tunneling.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Miakichev et al. (2023), “A Física permite-nos conhecer as leis gerais da Natureza que regulam o desenvolvimento dos processos que se verificam, tanto no Universo circundante como no Universo em geral”. Deste modo, compreendemos a Física como uma ciência importante para o desenvolvimento da sociedade, sobretudo para a compreensão dos fenômenos naturais e do desenvolvimento tecnológico.

A importância da compreensão de fenômenos físicos é observada já na fase inicial de formação acadêmica, onde a Física desempenha um papel fundamental, pois muitos dos questionamentos dos alunos sobre o seu dia a dia, como por exemplo, por que o céu é azul, se discute a partir de conceitos da Física. Já em relação ao Ensino Médio, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), sugerem um currículo fundamentado no domínio de competências básicas e que possuem relações com o cotidiano dos alunos, contextualizando os conteúdos trabalhados em sala de aula (ROMANO, 2004). Deste modo, constata-se que os conteúdos de Física devem proporcionar aos alunos um aprendizado mais próximo de suas realidades e que os proporcionem um encontro com a tecnologia e com que existe de mais moderno em nossa sociedade. Para isto, é necessário que o aluno de Nível Médio estude conceitos que são discutidos em Física Moderna, pois a Física Clássica, já não é capaz de explicar os diversos fenômenos presentes nas tecnologias atuais, como por exemplo, na construção de novos telescópios; a ressonância magnética; os circuitos optoeletrônicos, que estão substituindo os circuitos comuns; entre diversos outros.

Porém, o ensino da Física Moderna nas escolas enfrenta muitos desafios, como a redução da carga horária para a disciplina, a falta de preparo por meio dos professores que lecionam os conteúdos, a falta de recursos tecnológicos na escola,

entre diversos outros. Ainda que os assuntos referentes a Física Moderna estejam presentes no plano escolar, é possível observar que são poucos os docentes que realmente ministram tais conteúdos, e além disso muitos dos professores que ministram tal disciplina não possuem formação específica (FERREIRA, 2013). De acordo com os PCNs (BRASIL, 2002), o componente curricular de Física Moderna é fundamental no processo de formação do cidadão, para que o mesmo possua instrumentos para compreender e intervir na realidade de seu cotidiano.

No processo de ensino-aprendizagem, o professor desempenha um papel de mediador dos conhecimentos fundamentais, para isso, ele deverá buscar e utilizar meios que venham a contribuir para melhorar a capacidade do aluno de observar, compreender e questionar fatos com base em princípios científicos, pois, com o acesso à tecnologia, a atração dos jovens pelos celulares, computadores, tablets, acabam desviando toda sua atenção das aulas. Competir com eles é praticamente impossível se os professores não repensarem suas práticas docentes, buscando meios para que suas aulas se tornem atrativas e interessantes para os alunos. (FERREIRA, 2013)

Levando isso em conta, o que é possível fazer? Como contextualizar os conceitos estudados em Física Moderna com o cotidiano dos alunos? Como proporcionar um aprendizado mais interessante e mais atrativo? Pensar em estratégias capazes de solucionar tais perguntas merece especial atenção dos professores. E esse é o incentivo principal deste trabalho, ou seja, buscar meios que venham a facilitar a prática docente dos professores e que proporcionem aos alunos um aprendizado com maior significância.

Diante dos desafios identificados no ensino de Física Moderna no Ensino Médio, conforme mencionado anteriormente, realizamos uma intervenção que utilizou os filmes do Homem-Formiga da Marvel Comics, como ferramenta pedagógica. O objetivo foi abordar temas inseridos no currículo da Física Moderna, visando modificar a rotina escolar dos alunos, de forma a proporcionar uma compreensão mais acessível e abrangente de alguns conceitos da Física Quântica.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 BREVE HISTÓRICO DA FÍSICA MODERNA

O surgimento da Física Moderna ocorreu praticamente entre o final do século XIX e o início do século XX, e se deu a partir de diversos acontecimentos, tais como a formulação, em 1900, da Lei de Radiação de Corpo Negro por Max Planck (1858-1947), de onde se deu o primeiro passo para o surgimento da mecânica quântica. Planck publicou na revista alemã *Annalen der Physik* o seu artigo: *A Teoria da Lei de Distribuição de Energia do Espectro Normal*, onde estabeleceu que a energia devia ser quantizada e proporcional ao produto da frequência da radiação por uma constante, que ele chamou de h e que ficou conhecida como constante de Planck (PLANCK, 1901).

Depois, em 1905, Einstein (1879-1955) descobriu uma incompatibilidade entre as Leis do Movimento e as do Eletromagnetismo. Esse ano ficou conhecido como o *ano miraculoso de Einstein*, que publicou na revista *Annalen der Physik*, cinco importantes artigos que mudaram a face da Física. Em seu primeiro artigo,

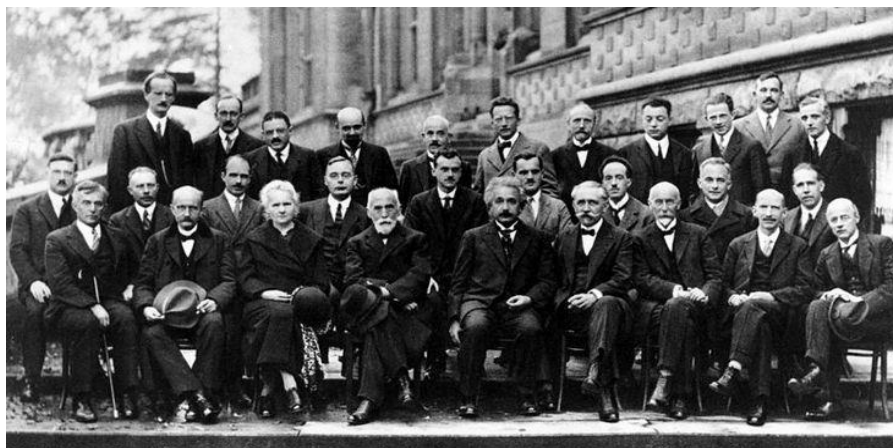
nomeado “*Sobre um ponto de vista heurístico a respeito da produção e transformação da luz*”, que lhe renderia o Prêmio Nobel no ano de 1921, Einstein introduziu a ideia de *quantum* de luz, posteriormente batizado de fóton, na qual a luz é composta por pequenos pacotes de energia. Além disso, neste artigo Einstein explica o Efeito Fotoelétrico, que havia sido descoberto por Heinrich Hertz (1857-1894) muitos anos antes, e que ainda não tinha uma explicação dentro da teoria ondulatória da luz. Einstein explica que a luz não é apenas emitida de maneira contínua, mas se propaga como quantidades individuais de energia, que são os *quantum*. Partindo dessa hipótese inovadora que rompia com a Física Clássica que considerava a luz como uma onda eletromagnética contínua, Einstein conseguiu explicar todas as características do Efeito Fotoelétrico que já haviam sido descobertas por outros físicos. Na introdução de seu artigo, ele escreveu (apud MOREIRA, 2005):

Penso que as observações sobre a radiação do corpo negro, a fotoluminescência, a produção de raios catódicos [elétrons] pela luz ultravioleta, e outras classes de fenômenos concernentes à produção e à transformação da luz, parecem mais compreensíveis se admitirmos que a energia da luz está distribuída de maneira descontínua no espaço. Segundo a hipótese proposta aqui, na propagação de um raio luminoso, emitido por uma fonte pontual, a energia não está distribuída de maneira contínua sobre espaços cada vez maiores, mas é constituída de um número finito de quanta de energia localizados em pontos do espaço, cada um se deslocando sem se dividir e podendo ser absorvido ou produzido apenas em bloco (2005, p. 36).

Os novos conceitos da Física Moderna provocaram mudanças radicais na Física Clássica, como a explicação de fenômenos de escalas minúsculas, atômicas e subatômicas. Além disso, a Física Moderna explorou o movimento em grandes velocidades (próximas à velocidade da luz) onde as Leis de Newton (1643-1727) não podem ser aplicadas da mesma forma. E também trouxe várias contribuições importantes para o desenvolvimento da eletrônica, da medicina, das telecomunicações, entre diversas outras áreas, e levou os cientistas a ver e pensar o universo de uma forma nunca antes suspeitada.

A Física Moderna se apoia em dois grandes pilares: a Teoria da Relatividade e a Mecânica Quântica. A Teoria da Relatividade trouxe inúmeras implicações para a Física, como a “fusão do tempo e do espaço [...], [e] também incorporou novos absolutos, como a velocidade da Luz e o intervalo relativístico” (MARTINS, 1998, p.103). Einstein dizia ser muito curioso, como ele próprio se descreveu, “eu não sou nem especialmente inteligente, nem especialmente dotado. Sou apenas curioso, muito curioso” (MOREIRA, 2005, p 39). E foi graças a essa curiosidade e ousadia, que surgiu assim a ideia da Relatividade, onde se admitia pela primeira vez que o tempo e o espaço são relativos e dependem dos referenciais nos quais são medidos.

Figura 1- A Conferência Solvay; reuniu cientistas de diversas partes do mundo para discutir a Mecânica Quântica.



Fonte: Wikipédia.

A Mecânica Quântica surgiu como o resultado de um grande número de trabalhos, envolvendo diversos cientistas, “[...] dentre os quais podemos citar: Planck, Bohr, Einstein, Born, Heisenberg, de Broglie, Schroedinger, Pauli, Dirac, Fermi, entre outros.” (MARTINS, 1998, p.104). A Figura 1, por exemplo, apresenta uma das mais famosas fotografias da ciência, onde vários cientistas de vários lugares do mundo se reuniram na “Conferência de Solvay”, para discutir às recentes descobertas da Mecânica Quântica.

Enfrentando assim, outro grande conflito com os físicos da época, pois a Física deixava, em parte, de ser uma ciência determinística e passava a se tornar uma ciência probabilística. Assim, percebemos que as teorias e o conhecimento da Física Moderna começam a operar onde as teorias e o conhecimento da Física Clássica começavam a falhar, sendo um dos fenômenos caracterizadores dessa falha a radiação do corpo negro. Os cientistas, ao analisarem o espectro de radiação do corpo negro, perceberam que ao tentar interpretar os resultados experimentais com base nas teorias da Física Clássica, apenas conseguiam explicar tais resultados para comprimentos de onda consideravelmente grandes. No entanto, ao serem aplicadas em comprimentos de onda menores, ocorria uma significativa discordância entre o que era previsto pela teoria e o que era obtido experimentalmente. Esse problema da Física ficou conhecido como a Catástrofe do Ultravioleta, pois é em comprimentos de onda no ultravioleta em que os resultados previstos pela teoria clássica passam a discordar dos resultados experimentais. (MEDEIROS, 2010).

Outro fato que evidencia essas discordâncias é o Efeito Fotoelétrico – a emissão de elétrons em placas metálicas iluminadas por radiação eletromagnética, pois para a Teoria Ondulatória da luz tal efeito deveria ocorrer para qualquer frequência da luz incidente, desde que houvesse energia suficiente para ejetar os elétrons, entretanto, verificou-se que para cada superfície o Efeito Fotoelétrico só acontecia para uma luz com maior frequência que uma frequência de corte f_0 , que é o valor limite da frequência para o qual ainda existe emissão.

A Física Quântica é a área da ciência que estuda objetos microscópicos, aqueles objetos que são extremamente pequenos, na escalas dos átomos e das partículas subatômicas, e possuem implicações em outras diversas áreas, desde a tecnologia que envolve supercomputadores até a cosmologia, que estuda a formação do Universo. Para o físico Marcelo Knobel, “Ela é o estudo da natureza,

dos materiais, tudo o que compõe nosso universo na menor escala que conseguimos identificar, que é a atômica molecular” (KNOBEL, 2023).

E tem como característica base a dualidade. Em 1924, Louis de Broglie formulou a seguinte hipótese: “Toda a matéria apresenta características tanto ondulatórias como corpusculares comportando-se de um ou outro modo dependendo do experimento específico” (BROGLIE, 1924, p. 22). Determinando assim, que tanto a matéria quanto a luz têm essa característica de dualidade, ora se comportando como onda, como em experimentos que envolvem difração, refração, interferência, entre outros, e ora se comportando como partículas, como no caso do Efeito Fotoelétrico.

Com o avanço da Mecânica Quântica entendemos melhor sobre a dualidade onda-partícula, atualmente considera-se que todos os sistemas quânticos são regidos pelo Princípio da Incerteza de Heisenberg.

Segundo condições deste “indeterminismo” ou as “relações de incerteza” de Heisenberg não são possíveis de observar e medir ao mesmo tempo, a posição e a velocidade (ou a quantidade de movimento) de um electrão em movimento, o que torna impossível prever, com certeza, o seu comportamento futuro. (MENESES, p. 400, 2001)

De acordo com este princípio, não é possível determinar com absoluta certeza, simultaneamente, a posição e a velocidade, ou a quantidade de movimento, de uma partícula. Essa impossibilidade em obter medidas quânticas exatas se refere ao comportamento dual dos sistemas quânticos, e o que determina se uma entidade quântica é uma onda ou uma partícula, é o ato da observação, antes de observarmos um sistema quântico suas informações são indeterminadas, depois de observá-las, é possível medi-las e localizá-las, sendo assim, é possível que se realize um experimento e se observe um comportamento corpuscular e em outro experimento revele um comportamento ondulatório, tudo em virtude das probabilidades da Física Quântica.

2.2 A IMPORTÂNCIA DO ENSINO DA FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO

Compreender os fenômenos e o mundo à sua volta, numa perspectiva da ciência, é algo inerente ao ser humano. Nessa perspectiva, o Ensino da Física Moderna constitui-se em algo imprescindível na modalidade do Ensino Médio. Em vários trabalhos publicados, pesquisadores na área de Ensino de Física defendem essa importância e citam motivos para a inserção desses conteúdos, Ostermann; Ferreira; Cavalcanti (1998, p.270) apresentam algumas razões para introdução de tópicos de Física Moderna no Nível Médio:

- despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles;
- os estudantes não têm contato com o excitante mundo da pesquisa atual em Física, pois não vêem nenhuma Física além de 1900. Esta situação é

inaceitável em um século no qual ideias revolucionárias mudaram a ciência totalmente;

- é do maior interesse atrair jovens para as carreiras científicas. Serão eles os futuros pesquisadores e professores de Física (OSTERMANN; FERREIRA; CAVALCANTI, 1998, p. 270).

Portanto, os motivos citados anteriormente mostram a importância de uma mudança curricular no Ensino de Física, e assim, a inserção de tais conteúdos no Ensino Médio. Diversos pesquisadores concordam com essa mudança, como por exemplo, Valadares e Moreira (1998, p. 121), que afirmam: “Não podemos, em pleno século XXI, nos restringir à abordagem de conteúdos que remetem a uma Física de séculos passados, se a própria ciência e a tecnologia avançam em ritmo acelerado, exigindo dos nossos alunos conhecimentos mais atuais”. Em função disso, e dentre outros motivos, o MEC passou a exigir os conteúdos de Física Moderna no Ensino Médio a partir de 1999 (DIÁRIO DE PERNAMBUCO, 2002), para assim alcançarmos um ensino atual, de qualidade e eficiente, porém, como veremos mais adiante, essa não é uma realidade muito presente no Nível Médio.

Nas aulas de Física, é de grande importância que os alunos tragam questões sobre assuntos presentes na mídia ou relacionados ao seu cotidiano que envolve de forma direta a ciência. Os estudantes ouvem falar em temas de Física Quântica, em filmes, em livros ou quadrinhos, principalmente de super-heróis, mas nunca nas aulas de Física, e a Física de Partículas e Cosmologia, desperta nos jovens um grande interesse em conhecer e entender que princípios físicos explicam esses fenômenos. Muitos destes princípios são abordados apenas na Física Moderna.

Com base nos Parâmetros Curriculares do Estado de Pernambuco, foi possível perceber que na grade curricular do 3º ano do Ensino Médio os conteúdos sobre Física Moderna, somente são abordados no 4º Bimestre, sendo que os professores na maioria das vezes não conseguem abordar todos os conteúdos, fazendo com que os assuntos que seriam tratados referentes à Física Moderna, deem espaço para a continuação de outros conteúdos.

Isso ocorre principalmente, porque muitos profissionais que lecionam as disciplinas de Física no Ensino Médio, não possuem formação específica na área e demonstram dificuldades em tratar tais conteúdos, fragilizando assim a aprendizagem dos alunos em relação a Física Moderna, sendo ela de grande importância para estimular e promover o desenvolvimento de habilidades, como vimos anteriormente. Dessa forma, pode-se dizer que as abordagens são realizadas de forma superficial, o que é explicitado no baixo desempenho dos estudantes nas questões referentes à Física em avaliações externas, como por exemplo, o ENEM - Exame Nacional do Ensino Médio (GONÇALVES JR; BARROSO, 2014).

Apesar das orientações curriculares apresentarem diretrizes e direcionamentos em relação à introdução e abordagem da Física Moderna nos conteúdos o que predomina nos currículos do ensino médio é a Física Clássica, ou seja, o ensino de Física se limita ao que foi estabelecido até o final do século XIX, deixando mais de 100 anos em descobertas científicas fora das grades curriculares (OLIVEIRA; VIANNA; GERBASSI, 2007). É importante ressaltar que tal crítica se refere à predominância de temas clássicos, e não à sua presença no currículo, pois

eles são também importantes e dão suporte a diversos fenômenos físicos do cotidiano.

A Física é também uma ciência experimental e quando trazida para a sala de aula, terá que criar um paralelo entre as teorias físicas com as experiências do cotidiano dos alunos. Os PCNs têm como proposta pedagógica “aplicar as tecnologias associadas às Ciências Naturais na escola, no trabalho e em outros contextos relevantes para sua vida” (MEC, 2000, p. 96). Portanto, espera-se que a Física no Ensino Médio, contribua para uma formação acadêmica crítica e afetiva aos processos naturais e fenômenos presentes no cotidiano dos alunos. E complementa Castro: “[...] Assim, enquanto educadores devem romper com uma diretriz de conteúdo e estanque, trazendo cada vez mais para a sala de aula temas modernos, mais próximos da realidade dos alunos [...]” (CASTRO, CORREIA; GONÇALVES, 2003, p.3). Então, nós como docentes temos a responsabilidade de trabalhar visando esta proposta, para assim trazermos um ensino mais significativo aos nossos alunos, e assim, avançarmos no Ensino de Física.

Portanto, é essencial a inclusão dos conteúdos de Física Moderna para proporcionar uma maturidade ao ensino de Física. “[...] Caso contrário, a indagação ‘há um século de atraso no ensino de Física?’ Permanecerá por um longo tempo ainda [...]” (CASTRO, CORREIA; GONÇALVES, 2003, p.3). Portanto, se os professores não progredirem no ensino, e continuarem trabalhando apenas conteúdos da Física Clássica, teremos um atraso de um século no ensino da disciplina de Física.

2.3 FICÇÃO CIENTÍFICA E ENSINO DE FÍSICA

A cada dia tem aumentado mais o uso educacional de filmes de ficção científica, imagens, slides, desenhos, seriados, e de muitas outras ferramentas como auxílio ao ensino. O uso dessas ferramentas dá-se pelo fato de despertarem um maior interesse nos alunos em sala de aula e de serem de grande utilidade para explicar diversos conceitos, que são na maioria das vezes de difícil compreensão (KORNIS, 1992).

Desde o mundo das menores partículas que se tem conhecimento, até as viagens pelo espaço-tempo, os filmes apresentam muitos temas importantes e presentes na sociedade. Quando se fala em inovação no Ensino de Física, o uso de filmes de ficção científica passa a ser considerado um recurso didático que auxilia na compreensão de fenômenos abstratos e como um instrumento que poderá proporcionar discussões em sala de aula acerca de conceitos e teorias físicas, que geram aprendizados e contribuem para a formação do senso crítico dos alunos.

No Ensino de forma geral é imprescindível que se tenha um diálogo entre professor e aluno, pois é de grande importância que o aluno demonstre o conhecimento que ele possui. Porém muitas vezes não é isso que acontece, seja porque os docentes não sabem como realizar esse diálogo ou porque os alunos não interagem de forma apropriada, fazendo com que as aulas se tornem apenas um monólogo em que o professor fala e o aluno somente escuta. No entanto, segundo Passos (2007), há uma expectativa de que o uso de novas metodologias seja capaz

de ocasionar mudanças significativas no processo de ensino-aprendizagem, tornando-o mais motivador em sala de aula.

A ficção científica é um gênero ficcional que utiliza fatos científicos para desenvolver a trama, porém em alguns casos utiliza-se de fantasia para desenvolver a narrativa, assim não utilizando somente fatos da própria ciência. De acordo com Tavares (1986), na ficção científica a ciência é personagem, não coautora. Diante disso, o professor necessita analisar a obra que queira trabalhar e assim distinguir se a ciência que ali foi exibida, está apenas compondo uma narrativa ou se ela possui algum grau de cientificidade, ou seja, se a ciência que ali foi exposta possui realmente relação com a nossa realidade.

No entanto, ainda que o uso dessas estratégias no Ensino de Física sejam positivas, precisamos levar em consideração algumas barreiras, como por exemplo as que são apontadas nas pesquisas de Christofolletti (2009) e de Oliveira e Gonçalves (2018): curto tempo de aula, falta de estrutura, ausência dos equipamentos de multimídia, despreparo por parte dos docentes para trabalhar com tais ferramentas, dificuldades para estabelecer uma relação entre os conceitos apresentados no filme com o cotidiano. Contudo, no Ensino de Física, a ponte interdisciplinar é capaz de melhorar o ensino-aprendizagem, porém é fundamental que os professores sejam instruídos para trabalhar esse tipo de abordagem.

Se faz necessário buscar no imaginário, na ficção, características científicas que sejam usadas para construir um aprendizado real, tendo o filme como um facilitador no processo de aprendizagem. Essas observações nos levam ao seguinte questionamento: como ensinar conteúdos de Física Moderna utilizando filmes de ficção científica?

2.4 O FILME HOMEM-FORMIGA NO ENSINO DA FÍSICA MODERNA

Alguns dos principais assuntos abordados no Ensino de Física, em Nível Médio, podem ser ilustrados com filmes e quadrinhos de super-heróis. Seja para demonstrar uma aplicação correta do conteúdo da Física ou uma ideia equivocada de seus conceitos. Tanto no filme do Homem-Formiga quanto em seus quadrinhos, conseguimos visualizar vários fenômenos físicos. Mesmo o filme contendo diversos conceitos científicos reais, assim como os demais filmes de super-heróis, os diretores brincam com conceitos impossíveis de acontecer no mundo real, é esse equilíbrio entre a ciência real e irreal, que atraem e cativam milhões de espectadores por todo o mundo.

Como a Física é a ciência que estuda e analisa a natureza e seus fenômenos em seus aspectos mais gerais, seu espaço de atuação é muito diversificado, sendo assim, existe uma assessoria para proporcionar ao cinema uma comunicação com os melhores cientistas, para que as telas dos cinemas e da televisão retratem a realidade científica (BRITO, 2011).

O professor então possui um leque de possibilidades de conceitos físicos da Física Moderna presentes nos filmes do Homem-Formiga em que pode trabalhar, seja para comprovar esse conceito ou mostrar que a física exposta ali não é verdadeira, alguns exemplos são: superposição quântica, emaranhamento quântico e tunelamento quântico. Além de despertar a curiosidade dos jovens para a divulgação científica.

Como recurso didático, o personagem Homem-Formiga apresenta-se como uma boa ferramenta de aprendizagem no ensino da Física Moderna, uma vez que conseguimos unir o entretenimento com o conhecimento científico, histórico e literário. Desse modo, o uso do filme em sala de aula, quando utilizado de maneira correta, torna-se uma alternativa interessante, pois, ao mesmo tempo em que sucede em atrair a atenção do aluno acerca do tema abordado, estimula uma visão cada vez mais crítica e construtiva.

2.4.1 Tunelamento Quântico

Tunelamento Quântico, ou Efeito Túnel, é um fenômeno da Mecânica Quântica em que partículas podem ultrapassar um estado de energia considerado proibido, assim como Eisberg e Resnick explicam:

“Assim, a penetração em uma região classicamente proibida de largura limitada a partícula pode ser observada, tanto antes como depois de atravessar a barreira, com energia total menor do que a energia potencial na região classicamente proibida” (EISBERG; RESNICK, p.258).

Ou seja, mesmo que uma partícula esteja cercada por barreiras de energia potencial, ela consegue escapar dessa região, mesmo se sua energia cinética seja menor que a energia potencial da barreira. Aprendemos desde pequenos que no mundo real é impossível atravessar qualquer barreira material, como paredes. Entretanto, na ficção, alguns seres são capazes de fazer isso, como por exemplo, os fantasmas. Nas obras de ficção eles são sempre retratados como seres intangíveis que conseguem atravessar os objetos com a mesma naturalidade com que atravessamos uma porta aberta. Alguns super-heróis e vilões também têm essa habilidade, como a Lince Negra dos X-Men, o Surfista Prateado do Quarteto Fantástico, e o Fantasma, vilão dos quadrinhos do Homem-Formiga da Marvel Comics, que foi remodelado e se tornou uma vilã no filme “Homem-Formiga e a Vespa” de 2018. Mas será que esse superpoder é possível na ciência do mundo real?

Toda matéria que conhecemos é composta por átomos, e como sabemos, os átomos são constituídos de um núcleo, onde ficam os nêutrons e prótons, e uma eletrosfera, região ao redor do núcleo que é ocupada pelos elétrons. Praticamente toda a massa do átomo é encontrada no núcleo. Entretanto, o espaço que ele ocupa é muito pequeno, tanto que seria possível ter de 10 mil a 100 mil núcleos dentro de um único átomo. Pode até parecer impossível, mas não existe nada no átomo além do núcleo e dos elétrons, que por sua vez ainda são menores, girando ao seu redor. Em termos tradicionais de como a matéria funciona, um átomo é composto praticamente de espaço vazio, assim concluiu o físico neozelandês Ernest Rutherford (187-937), que em 1911 realizou diversas experiências para então chegar a essa conclusão.

Todas as pessoas e qualquer objeto que conhecemos, são formados quase exclusivamente por espaços vazios. Na história do Homem-Formiga, desenvolvida pela Marvel Comics, o poder de encolhimento do super-herói é justificado com base

nessa ideia. As “partículas Py” (que são fictícias), desenvolvidas pelo cientista Hank Pym, fazem com que os átomos de Scott Lang, cujo *alter ego* é o Homem-Formiga, reduzam o espaço vazio dentro deles.

Porém, nesta justificativa existe um grande problema, para o Homem-Formiga reduzir o tamanho de seus átomos e, conseqüentemente, a distância entre eles, seria preciso alterar constantes fundamentais da Física, bem como a carga elétrica do elétron, a massa do elétron e a constante de Planck. Além do que, se Scott Lang realmente conseguisse reduzir seu tamanho ao de uma formiga, mas mantendo a sua massa original, ele possuiria uma densidade muito grande, semelhante a de uma estrela anã branca. Isso causaria uma pressão tão grande que o faria afundar até o centro da terra.

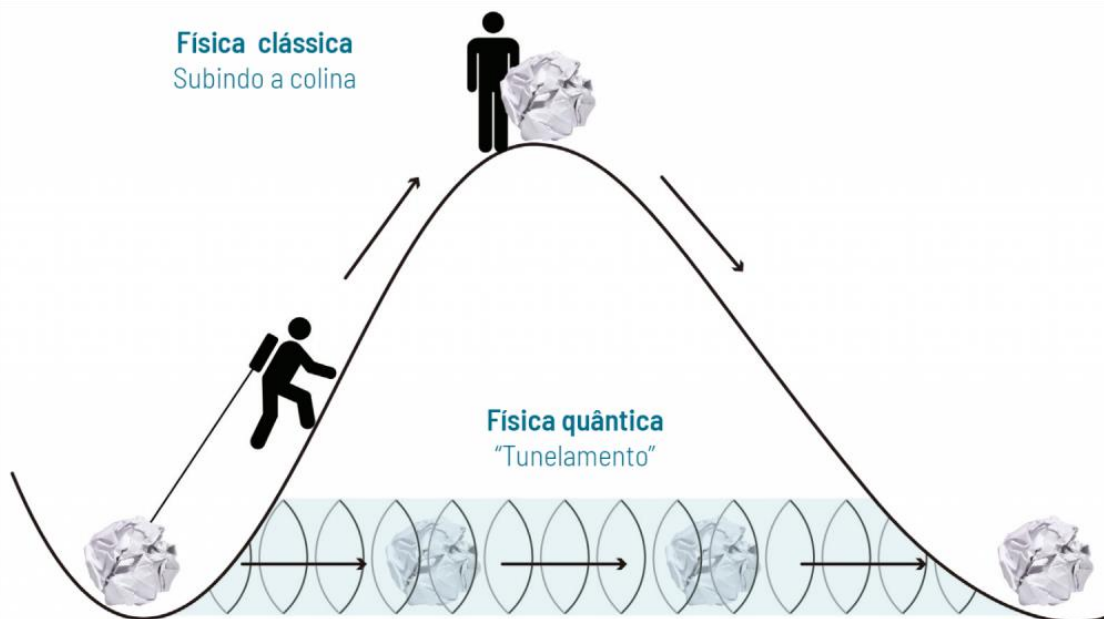
Sabemos que toda matéria é composta majoritariamente por espaços vazios, então, por que não conseguimos atravessar paredes? A resposta para essa pergunta, é a existência da interação eletromagnética que existe entre os elétrons, o que impede os átomos de se aproximarem uns dos outros e também impede que eles diminuam de tamanho e de terem menos espaços vazios entre eles. Pois como sabemos, os elétrons são dotados de carga elétrica negativa e, por conta disso, uns sobre os outros exercem uma força elétrica de repulsão. Sendo assim, quanto mais próximo dois elétrons estiverem, maior e mais intensa será essa força repulsiva, de modo que, um átomo nunca irá encostar no outro.

No mundo subatômico, as partículas não encostam umas nas outras, o que nos faz duvidar de coisas simples que acontecem no nosso dia a dia, como por exemplo, quando nos deitamos em nossa cama, os elétrons da nossa roupa ou da nossa pele estão exercendo uma força repulsiva nos elétrons da superfície da cama, isto é, é como se estivéssemos flutuando.

O que provoca essa sensação, como se algo encostasse em nós ou quando encostamos em alguma coisa, é a interação eletromagnética entre os átomos. Quando recebemos esse estímulo do ambiente, quando algo toca a nossa pele, por exemplo, os elétrons da nossa pele recebem esse estímulo e o transmitem para o nosso cérebro por meio das nossas terminações nervosas, e assim, serão devidamente interpretados como uma pressão na pele, uma sensação de calor, de cócegas, de dor, entre muitas outras.

No entanto, no mundo quântico atravessar paredes não é algo de ficção. Na Física Clássica, se empurrarmos uma bola em direção a uma ladeira, duas coisas podem acontecer, a bola vai subir toda a ladeira e conseguir chegar ao outro lado ou ela não irá conseguir subir a ladeira e vai voltar. Se essa ladeira for muito grande e a energia fornecida a bola no empurrão for pequena, ela não irá superar esse obstáculo. Por outro lado, na Física Moderna, quando um elétron se depara com um obstáculo, como por exemplo uma “ladeira” (barreira de potencial) que ele não tem energia suficiente para chegar ao outro lado, existe uma probabilidade razoável de que esse elétron ainda assim consiga atravessar essa ladeira, como se ele criasse um túnel e passasse por dentro dele, mesmo que ele não possua uma energia suficiente para chegar ao outro lado. Os elétrons conseguem eventualmente “tunelar”, ou seja, transpor esse obstáculo. A Figura 2 ilustra essa situação:

Figura 2 - Tunelamento Quântico



Fonte: Blog Ciência Nerd.

Diariamente usamos com frequência o fenômeno do Tunelamento para armazenamento de dados. A memória flash, que usamos no nosso celular, nos *pendrives* e em cartões SSD, utiliza deste fenômeno e funciona da seguinte maneira:

O controle da porta flutuante é feito por métodos baseados na física quântica. Usando o tunelamento de Fowler-Nordheim é possível injetar elétrons na porta flutuante aplicando uma tensão alta o suficiente para que a energia dos elétrons consiga superar a barreira do isolante. Um dos grandes problemas da memória flash é como organizar os transistores para obter uma grande capacidade de armazenamento em um espaço confinado (SILVA, GAMELAS, RABELO, BULHOSA e SILVA, p.2).

A memória flash contém milhões de células de memória, e cada célula dessas, que possuem um tamanho extremamente pequeno, de um milionésimo de milímetro, funciona como uma armadilha de elétrons. Por exemplo, ao transferirmos informações para um *pendrive*, que é formado basicamente por elétrons, ela entra nessa armadilha e fica presa lá dentro, pois ao redor dessa célula existe um material isolante, que impede essas informações de saírem. Se algo acontecer, e por alguma razão esses elétrons escapam dessa célula, dados são perdidos ou corrompidos.

Sendo essa célula bem isolada, nos perguntamos como os elétrons conseguem entrar? Aí que entra o Efeito Túnel. Ao aplicar uma força externa nos elétrons, alguns deles sofrem o tunelamento e conseguem simplesmente atravessar essa barreira, como se ela não existisse. Uma vez estando lá dentro, ficam presos, e os dados armazenados com segurança.

Quanto maior for a massa do corpo que queira atravessar, e maior a espessura e a altura da barreira de potencial, menores são as chances de acontecer

o tunelamento. Em relação aos elétrons, que possuem uma massa de ordem de 10^{-31} kg, um número extremamente pequeno, a probabilidade de acontecer o tunelamento em barreiras pequenas é relativamente alta.

Para corpos mais pesados, como nós, seres humanos, que somos infinitamente mais pesados que um elétron, a probabilidade de ocorrer o tunelamento se reduz a praticamente zero, sendo assim, o Efeito Túnel e outros fenômenos, só são capazes de acontecer no universo das partículas subatômicas.

No filme do “Homem-Formiga e a Vespa”, da Marvel Comics, a vilã, denominada de Fantasma, faz uso desse efeito como seu superpoder, ela sofre com um desequilíbrio molecular, que faz com que seus átomos se contraíam e diminuam os espaços vazios entre eles, fazendo com que seja possível ela atravessar objetos sólidos.

Figura 3 - Fantasma, vilã do filme Homem-Formiga e Vespa.



Fonte: Site Legião dos Heróis.

O personagem, originalmente do gênero masculino, foi criado por David Michelinie e Bob Layton e teve sua primeira aparição nos quadrinhos da Marvel Comics em 1987, na revista Homem de Ferro, o vilão tinha uma relação única com a tecnologia, ele inventou um *microchip* que o proporcionava uma conexão com computadores e o possibilitava ter o controle de diversos tipos de tecnologias, que o garantia a habilidade de atravessar objetos e se tornar invisível.

Diferente da ficção, podemos concluir que é fisicamente impossível atravessarmos barreiras de potencial no mundo real, o que torna esse superpoder, da vilã do filme e de outros super-heróis impossível de existir. Porém, se fôssemos capazes de encolher a um nível subatômico, como o Homem-Formiga, esse superpoder não seria coisa apenas de ficção científica.

3 METODOLOGIA

A partir da fundamentação teórica, percebe-se que o Ensino de Física deve promover maior contextualização e significado, e que o uso de filmes de ficção científica auxilia e proporciona uma aprendizagem interdisciplinar e dinâmica. Portanto, foi realizada uma análise sobre o personagem Homem-Formiga da Marvel Comics, que tem como temática o universo dos super-heróis, a fim de identificar assuntos referentes a conceitos da Física Moderna, com a intenção de usar o personagem e a Física que o cerca como ferramenta no auxílio do ensino/aprendizagem.

Realizando assim, uma pesquisa fundamentada na metodologia qualitativa, que segundo Denzin e Lincoln (2006) é uma pesquisa em que seus pesquisadores utilizam uma abordagem interpretativa do mundo, e estudam em seus cenários naturais, tentando assim, compreender os fenômenos em termos dos significados que as pessoas a eles conferem.

Para alcançar os objetivos, dividimos a pesquisa em 04 etapas que foram executadas em turmas finais do curso do Médio Integrado do Instituto Federal - Campus Pesqueira, pois como vimos neste trabalho os conteúdos referentes à Física Moderna são apenas trabalhados no último bimestre do Ensino Médio. As etapas desta pesquisa obedecem a seguinte ordem:

ETAPA I – De início, foi necessário identificar se os conteúdos de Física Moderna estão incluídos no currículo de física das turmas que utilizamos como campo de estudo.

ETAPA II – Aplicação de um questionário uma semana antes do dia da intervenção, que serviu como base para a ministração da aula, com este questionário foi possível realizar um levantamento e conseqüentemente observar os conhecimentos prévios dos alunos em relação ao assunto abordado nesta pesquisa.

ETAPA III – Aula expositiva sobre o fenômeno de Tunelamento, utilizando o filme “Homem-Formiga e a Vespa” (2018), usando slides para expor partes do filme e o assunto trabalhado, que teve como objetivo principal: Compreender o fenômeno Efeito Túnel através do filme.

ETAPA IV – Avaliação final, por meio de um questionário, que foi aplicado após o término da aula, para assim compreendemos se houve uma aprendizagem significativa por parte dos alunos, e no final desta avaliação também foi realizada uma pesquisa de opinião, onde os estudantes responderam questões acerca de suas opiniões sobre a atividade desenvolvida.

3.1 Informações sobre a escola e as turmas

A escola escolhida como campo de estudo foi o Instituto Federal de Pernambuco - Campus Pesqueira. A instituição se localiza na microrregião do Vale do Ipojuca, no Agreste de Pernambuco, e conta com cursos Técnicos, Superiores de

Bacharelado e Licenciatura, entre outros cursos. O curso Técnico em Edificações e o curso Técnico em Eletrotécnica são ofertados nas modalidades Integrado ao Médio (concomitante ao Ensino Médio), e também são ofertados na modalidade Subsequente.

A intervenção foi realizada nas turmas de Nível Médio do 5º e 6º Períodos do Médio-Integrado em Edificações e na turma do 5º Período do Médio-Integrado em Eletrotécnica, nas disciplinas de Física, visto que nessas turmas os docentes estavam trabalhando assuntos relacionados à Física Moderna.

3.2 Elaboração do Questionário

O principal instrumento utilizado para realizar o levantamento de dados de campo deste trabalho foi o questionário, que foi desenvolvido pela ministrante composto de perguntas ordenadas de acordo com os assuntos abordados nesta pesquisa, com o objetivo de coletar o máximo de informações possíveis de forma rápida, simples e relevante.

Foram realizados dois questionários durante o desenvolvimento desta pesquisa, o primeiro foi feito uma semana antes da ministração da aula expositiva, composto por 08 perguntas, com a finalidade de conhecer os conhecimentos prévios dos alunos sobre Física Moderna, mais especificamente a respeito de Física Quântica, e sobre o filme Homem-Formiga e a Vespa. O segundo questionário, que foi realizado após a exposição da aula, com 09 perguntas e um espaço para que os estudantes deixassem comentários sobre a aula e sobre a ministrante, sendo elogio ou crítica.

3.3 Plano de aula

A aula expositiva teve como tema: Um super-herói no reino quântico, onde foi desenvolvido e elaborado um plano de aula exposto por slides que obedeciam à seguinte ordem:

1. Resumo do filme Homem-Formiga e a Vespa:
2. Atravessar paredes é coisa de ficção?
3. Matéria e seus espaços vazios:
4. Por que não podemos atravessar paredes?
5. Atravessando paredes no mundo quântico:
6. Correlação sobre o filme e o Efeito Túnel

No primeiro tópico foi apresentado um resumo do filme sem que contenham *spoiler* visto que alguns alunos poderiam não ter assistido ao filme. O segundo tópico é a pergunta principal da nossa pesquisa, que levou os alunos a pensarem e debaterem a respeito deste questionamento, se esse fenômeno é realmente possível ou apenas algo que só possa acontecer na ficção científica. O tópico 3 foi exposto com uma abordagem mais teórica, onde partimos dos princípios básicos

sobre a constituição dos átomos. O quarto tópico começou com outro questionamento, em que ao ouvir as respostas dos alunos, debatemos e logo em seguida foi feita uma explicação teórica a respeito. Logo após isso, com o quinto tópico, foi apresentado o fenômeno do Tunelamento, com explicação teórica e demonstrativa por meio de imagens. No sexto e último tópico, foi feita uma correlação com a vilã do filme, a Fantasma, e o Efeito Túnel. A aplicação das cenas do filme durante a apresentação foram fundamentais para proporcionar aos alunos um aprendizado mais significativo, e tornar a aula mais dinâmica e voltada a realidade dos alunos, e assim fazer com que eles relacionem os conceitos físicos ao filme apresentado.

4 RESULTADOS E ANÁLISE

Ao abordarmos filmes de ficção científica em sala de aula, dispomos de três métodos distintos para sua realização: exibindo um filme na sua totalidade na sala de aula, exibindo trechos selecionados de um filme em sala de aula ou solicitando que alunos assistam previamente um filme que será trabalhado em aula (DUBECK et al, 1990 apud SORENSEN, 2021). Na intervenção realizada foram exibidos trechos do filme “Homem-Formiga e a Vespa”, com cenas pertinentes para a compreensão dos assuntos expostos.

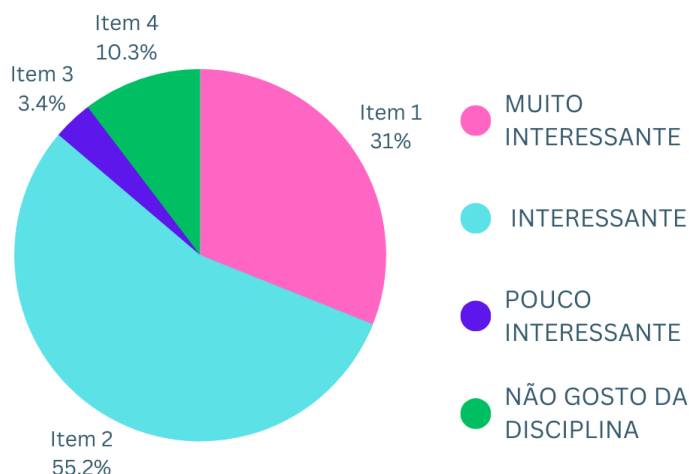
Como já apresentado na metodologia deste trabalho, realizamos dois questionários, um antes e outro após o término da intervenção. A intervenção teve duração de uma aula, cerca de 50 minutos, e durante a intervenção nas turmas citadas, tivemos um total de 36 alunos participantes. Os resultados obtidos a partir das aplicações dos questionários serão apresentadas por meio de gráficos, cada item, além de apresentar os resultados de forma gráfica, também apresentará uma discussão dos resultados.

4.1 Questionário antes da intervenção:

Este questionário foi feito para avaliarmos como estava a situação acadêmica dos alunos que iriam participar da intervenção, e quais assuntos deveriam ter mais ênfase durante a aula que seria ministrada.

Na primeira questão: “O que você acha da disciplina de Física?”, temos o seguinte resultado:

Gráfico 1: O que você acha da disciplina de Física?

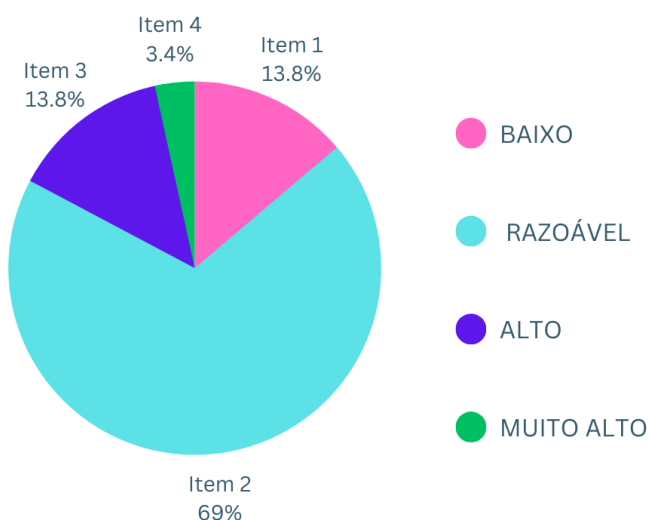


Fonte: Compilação do autor.

Como observamos por meio do Gráfico 1, a maioria dos alunos consideram a disciplina de Física como muito interessante ou interessante, poucos alunos avaliam como sendo pouco interessante ou que não gostam da disciplina. O que desperta esse interesse por meio dos discentes pela disciplina é que ela auxilia na compreensão de fenômenos acerca do nosso dia a dia, de situações reais que os princípios físicos podem nos dar uma resposta, além de tratar assuntos que os jovens têm curiosidade. Nos casos em que os alunos não têm afinidade pela disciplina, muito se pode justificar pela difícil linguagem utilizada pelos professores, e a falta de correlações sobre o cotidiano dos alunos, o que muitas vezes acarreta na má imagem da disciplina e até no não-aprendizado dos alunos, essas são algumas de muitas causas para que o aluno não gostem ou não tenham proximidade com a disciplina.

Na questão 2: “Qual seu grau de dificuldade na disciplina de Física?”, os alunos responderam:

Gráfico 2: Qual seu grau de dificuldade na disciplina de Física?

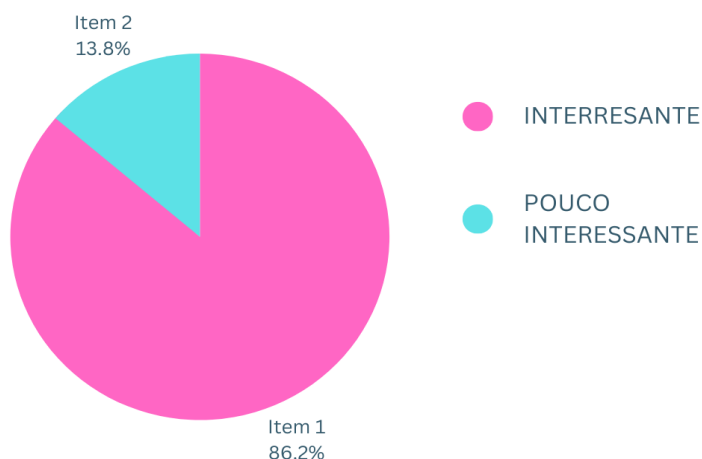


Fonte: Compilação do autor.

Por meio do gráfico vemos que a maior parte dos alunos tem certa dificuldade na disciplina de Física, seja por não se interessarem ou até mesmo por não ter afinidade com a área de exatas. Porém, 13,8% dos alunos marcaram que o seu grau de dificuldade era baixo, apesar de ser um número pequeno, é significativo.

Na questão 3: "Como você considera os assuntos referente a Física Quântica?", veremos no gráfico que 86,2% avaliaram como interessante, um número grande e esperado, pois abrange questões que aguçam a curiosidade dos alunos.

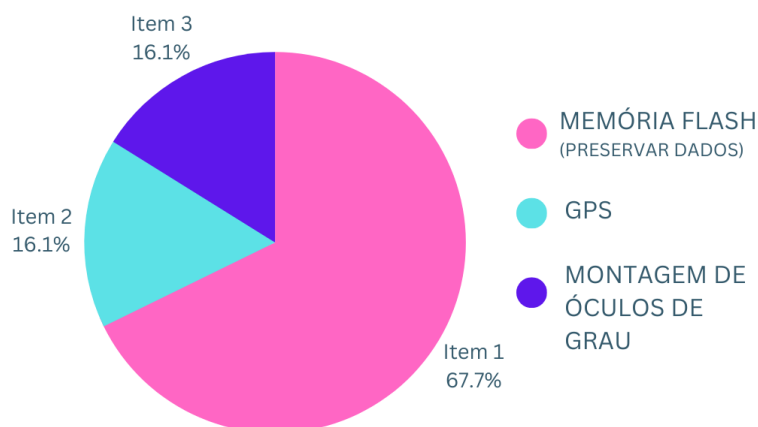
Gráfico 3: Como você considera os assuntos referente a Física Quântica?



Fonte: Compilação do autor.

Questão 4: "A Física Quântica faz parte do nosso dia a dia, marque abaixo quais ocasiões do nosso cotidiano que a Física Quântica está presente", tivemos o seguinte resultado:

Gráfico 4: A Física Quântica faz parte do nosso dia a dia, marque abaixo quais ocasiões do nosso cotidiano que a Física Quântica está presente:

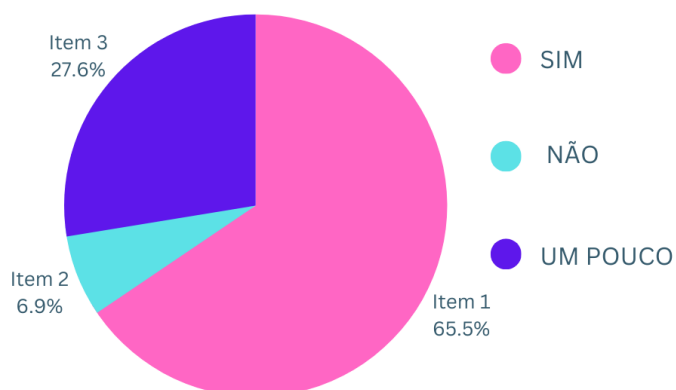


Fonte: Compilação do autor.

Nessa questão os alunos poderiam marcar mais de uma alternativa, e ao observarmos o gráfico vimos que a grande maioria marcou a memória *flash* (preservar dados), essa que é utilizada diariamente pelos alunos ao usar o celular, o computador ou *pendrives*. Além desta opção, outros 16,1% marcaram o uso do GPS como uma ocasião em que a Física Quântica está presente, que também é uma resposta correta.

Na quinta questão: “Você gosta de filmes de ficção científica?”, apenas 6,9% dos alunos responderam que não gostam, como veremos a seguir no gráfico, resposta esperada visto que é um gênero de filme muito bem avaliado.

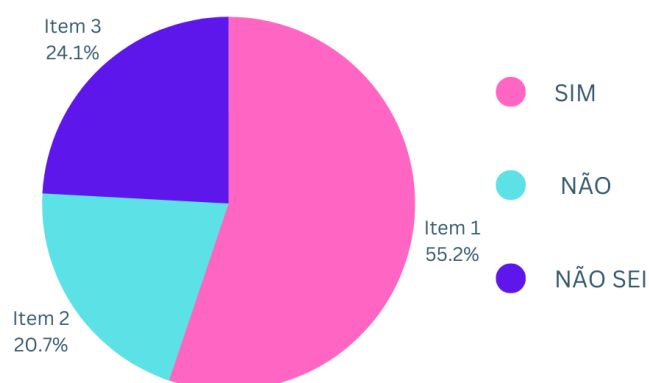
Gráfico 5: Você gosta de filmes de ficção científica?



Fonte: Compilação do autor.

Questão 6: “Você já teve contato com conceitos quânticos através de filmes de ficção científica?”, por meio do gráfico vemos que 55,2% dos alunos já tiveram contato com conceitos quânticos, porém 44,8% dos demais alunos marcaram que não ou que não sabiam.

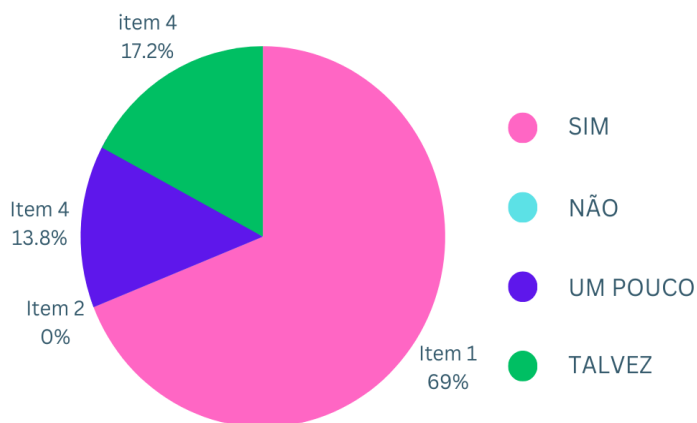
Gráfico 6: Você já teve contato com conceitos quânticos através de filmes de ficção científica?



Fonte: Compilação do autor.

Na questão 7: “Na sua opinião o uso de filmes como ferramenta de ensino auxilia a compreender melhor o conteúdo?”, tivemos os seguintes resultados:

Gráfico 7: Na sua opinião o uso de filmes como ferramenta de ensino auxilia a compreender melhor o conteúdo?

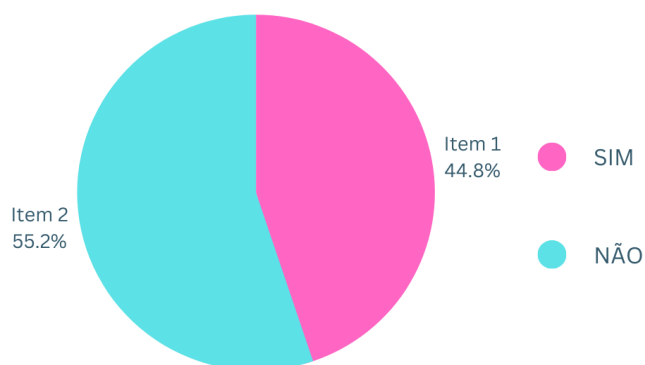


Fonte: Compilação do autor.

Nenhum aluno discordou dessa questão, 69% dos alunos marcaram que sim, 17,2% marcaram que os filmes podem auxiliar um pouco na compreensão, e os outros 13,8% ficaram na dúvida e marcaram que talvez essa seja uma boa ferramenta de ensino.

Na questão 8, foi perguntado aos alunos se eles já tinham assistido ao filme Homem-Formiga e a Vespa, e os resultados obtidos foram bem acirrados, como mostra o seguinte gráfico:

Gráfico 8: Você já assistiu o filme Homem-Formiga e a Vespa?



Fonte: Compilação do autor.

4.2 Intervenções

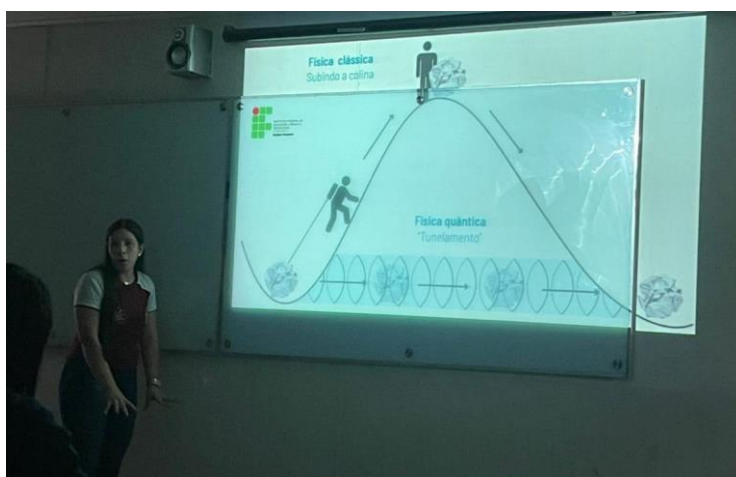
Como já foi apresentado, as intervenções foram realizadas nas turmas do Médio Integrado de Edificações na disciplina de Física V e na turma de Eletrotécnica

também na disciplina de Física V. Cada intervenção teve duração de uma aula, 50 minutos e durante a intervenção foram expostas cenas do filme “Homem-Formiga e a Vespa”, já que o foco principal de estudo deste trabalho é a utilização deste filme como ferramenta de ensino.

Na turma de Edificações 12 alunos participaram da aula, praticamente toda a turma estava presente, visto que é uma turma pequena com apenas 16 alunos, ao conversar com o professor sobre a possibilidade de realizar a intervenção, ele demonstrou total aceitação, e sugeriu que a aula fosse ministrada em um horário extra da turma, ele me deu total liberdade para conversar com os alunos e decidir o dia e o horário que seria a aula. Após a realização da análise da turma com a aplicação do primeiro questionário, foi marcado o dia que seria a aula.

Durante toda a intervenção os alunos demonstraram interesse em aprender sobre o assunto, eles sempre faziam perguntas, foram bastante participativos, o plano de aula exposto anteriormente foi bem dividido, e isso facilitou muito para que eles compreendessem melhor o assunto, logo no início quando eles foram questionados a respeito se atravessar paredes era possível ou apenas coisa de ficção científica, eles logo expressaram suas opiniões e no decorrer da aula sempre que era apresentado algo a eles, tentava desenvolver um debate, fazia pergunta, e tirava suas dúvidas. Percebi que ao longo da aula as cenas do filme os ajudavam a entender melhor o que estava sendo discutido e outro fator que contribuiu para que eles compreendessem melhor sobre a Física Quântica, foram os exemplos do seus cotidianos, essa correlação foi muito positiva. Após o término da aula, foi aplicado o segundo questionário, do qual veremos os resultados mais adiante.

Figura 4: Intervenção na turma do Médio Integrado de Edificações.



Fonte: Compilação do autor.

Figura 5: Turma do Médio Integrado de Edificações.



Fonte: Compilação do autor.

Na turma de Eletrotécnica participaram 24 alunos da intervenção, o professor preferiu que a aula fosse ministrada durante o horário próprio da aula pois era uma turma relativamente grande e seria mais viável para que todos os alunos pudessem participar. O professor da turma não fez nenhuma objeção para que a aula fosse realizada. Também foi aplicado o mesmo questionário de análise, dos quais os resultados obtidos já foram expostos.

No início da aula os alunos estavam um pouco dispersos, demoraram para participar da aula, porém no decorrer da intervenção eles foram perdendo a timidez, se animando, fazendo perguntas e participando dos debates. Quando os assuntos eram correlacionados com o dia a dia deles ou quando as cenas do filme eram expostas eles interagem mais. Muitos dos alunos não tinham assistido ao filme antes e após a aula eles falaram que queriam assistir e aqueles que já tinham assistido, perguntaram de outros filmes em que a Física estava presente, falaram de outros super-heróis, se seus poderes seriam possíveis. Diferente do início, em que houve uma dificuldade para chamar atenção dos alunos, no decorrer da intervenção, dos debates, das perguntas, eles demonstraram bastante interesse sobre o conteúdo, sobre como a Física Quântica, por mais que pareça distante do nosso dia a dia, está ali, presente.

Figura 6: Intervenção na turma do Médio Integrado de Eletrotécnica.



Fonte: Compilação do autor.

Figura 7: Turma do Médio Integrado de Eletrotécnica.



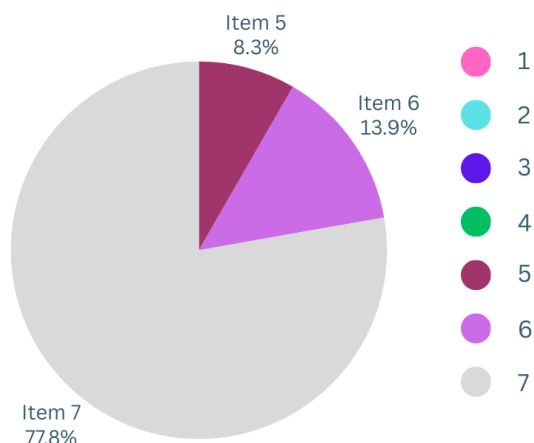
Fonte: Compilação do autor.

4.3 Questionário após a intervenção

Após o término de cada intervenção foi aplicado o questionário de avaliação, com ele analisamos os resultados obtidos durante a aula, e se estes foram positivos ou negativos, e se o uso de trechos do filme como ferramenta de ensino auxiliou no aprendizado dos alunos. Veremos a seguir os resultados alcançados.

Questão 1: “Em uma escala de 1 a 7, sendo 7 a mais alta, quão satisfeito você está com o formato geral da aula?”, a partir do gráfico a seguir, percebemos que todos os alunos ficaram satisfeitos pela forma como a aula foi ministrada, apesar de 22,2% dos alunos não marcarem 7 na escala apresentada, nenhum deles marcou um número baixo que demonstrasse insatisfação com a aula apresentada.

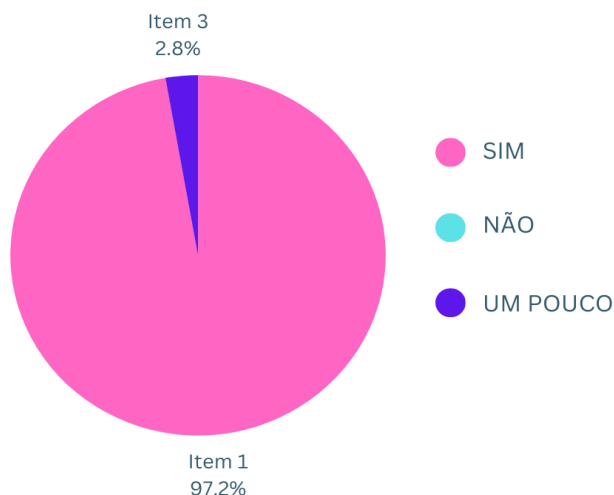
Gráfico 9: Em uma escala de 1 a 7, sendo 7 a mais alta, quão satisfeito você está com o formato geral da aula?



Fonte: Compilação do autor.

Na questão 2: “Os métodos da ministrante ajudaram você a entender melhor o assunto?”, obtivemos o seguinte resultado:

Gráfico 10: Os métodos da ministrante ajudaram você a entender melhor o assunto?



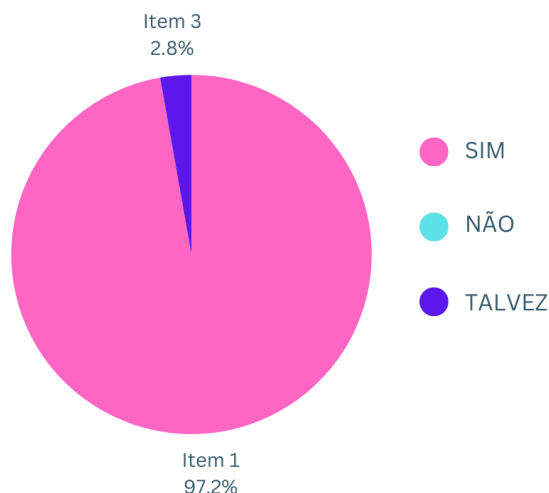
Fonte: Compilação do autor.

A partir das respostas dadas pelos alunos participantes, percebemos que, na opinião dos estudantes, o método escolhido para o formato da aula ajudou quase 100% deles a compreender melhor o assunto exposto, um resultado satisfatório e positivo, pois assim, percebemos que o uso de filmes de ficção científica como uma ferramenta de ensino, pode auxiliar no aprendizado dos conteúdos que estão sendo trabalhados pelos professores.

Questão 3: “Você adquiriu conhecimentos novos com esta aula?”. Como veremos no gráfico, todos os alunos que participaram da intervenção adquiriram novos conhecimentos, não só pelo fato de ser um conteúdo que os alunos não

tenham compreensão, mas também, por conta de como eles se interessaram pelo assunto e pela forma que a aula foi exposta.

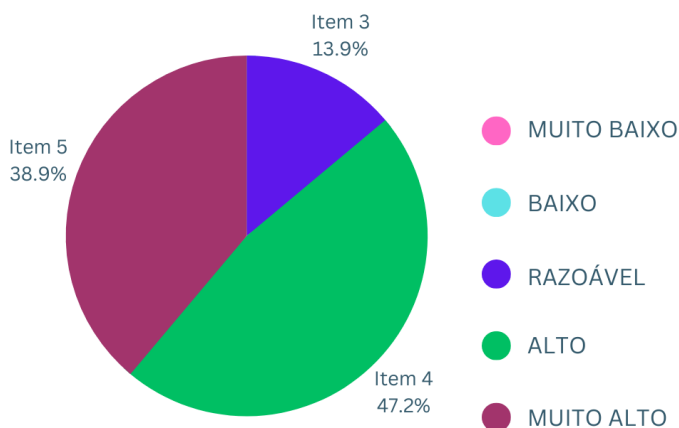
Gráfico 11: Você adquiriu conhecimentos novos com esta aula?



Fonte: Compilação do autor.

Na questão 4: “Seu grau de entendimento nesta foi:”, tivemos um resultado positivo como veremos a seguir no gráfico, visto que 86,1% dos alunos marcaram que seu entendimento foi alto ou muito alto, apenas 13,9% dos alunos marcaram como sendo razoável seu entendimento.

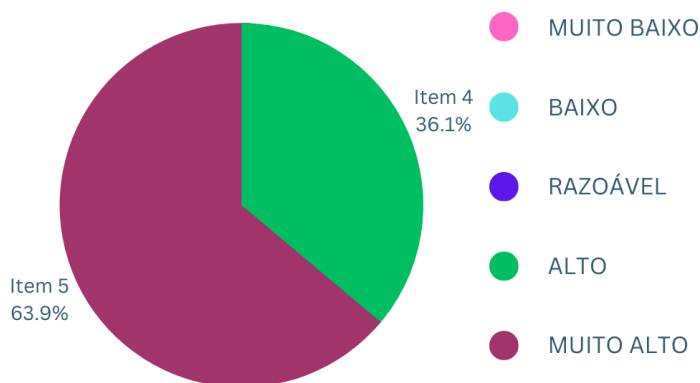
Gráfico 12: Seu grau de entendimento nesta foi:



Fonte: Compilação do autor.

Questão 5: “O grau de domínio da ministrante sobre o conteúdo foi:”, pelos resultados obtidos e demonstrados no gráfico a seguir, todos os alunos avaliaram bem o domínio do conteúdo na intervenção realizada, resultado satisfatório visto a dedicação posta para o melhor método de exposição do conteúdo para os participantes.

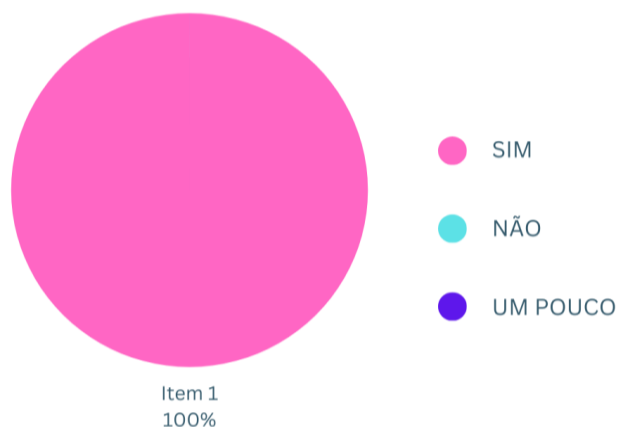
Gráfico 13: O grau de domínio da ministrante sobre o conteúdo foi:



Fonte: Compilação do autor.

Na questão 6: “A ministrante criou um ambiente de discussão, participação durante a aula?”, todos os 36 alunos responderam que sim, visto que durante toda a aula era feita discussões, perguntas, para que houvesse sempre uma boa relação professor-aluno e para que os mesmos compreendessem melhor o conteúdo que estava sendo trabalhado. Como vemos a seguir no gráfico:

Gráfico 14: A ministrante criou um ambiente de discussão, participação durante a aula?



Fonte: Compilação do autor.

Na 7 questão: “O material didático fornecido ou citado é:” como veremos a seguir no gráfico, todos os participantes aprovaram o material que foi usado durante a intervenção.

Gráfico 15: O material didático fornecido ou citado é:



Fonte: Compilação do autor.

As próximas questões foram abertas, que exigiam uma resposta em formato de uma frase ou texto com as próprias palavras dos alunos participantes.

A questão 8: “Por favor, indique as três coisas que você mais gostou na aula e o porquê?”, vejamos algumas respostas dadas pelos alunos:

“Gostei das cenas do filme que a ministrante trouxe como exemplo do efeito túnel, a temática da aula e a sua metodologia.” (5º Eletrotécnica)

“As demonstrações práticas nas cenas do filme, o formato dos slides, explicação da ministrante e a relação do nosso cotidiano com os assuntos de Física” (5º Edificações)

“Gostei da explicação, aprendi sobre Física Quântica, que não tinha conhecimento antes, por exemplo que em um churrasco a brasa sofre com efeitos da Física Moderna, o efeito túnel que é possível para corpos microscópicos atravessar uma matéria” (6º Edificações)

“Gostei da forma que foi abordado o tema, a dinâmica da aula com as cenas do filme e a interação da aula, porque ajudou a esclarecer o assunto.” (5º Eletrotécnica)

A maioria dos alunos, ao serem perguntados sobre o que gostaram da aula, citaram o filme como uma boa ferramenta de ensino, pois traz o conteúdo para mais próximo deles. Comentaram a respeito da metodologia que foi usada, de como a aula se tornou atrativa para eles, como a correlação entre o cotidiano e as teorias físicas os ajudaram a compreender melhor os exemplos citados. Desta maneira, compreendemos como a aula foi satisfatória para os participantes e como a metodologia usada na intervenção foi assertiva.

Na questão 9: “Qual foi a coisa mais importante que você aprendeu com esta aula?”, a grande maioria citou a respeito do Efeito Túnel, alguns falaram da utilização do filme, como veremos a seguir:

“Que um corpo pesado, como nós, não consegue atravessar uma parede, mas um corpo pequeno, como elétrons, consegue.” (5º Edificações)

“Que os átomos não encostam uns nos outros e que os elétrons são capazes de atravessar materiais.” (5º Eletrotécnica)

“Filmes de ficção científica exemplificam muito a Física por meio das cenas, principalmente teorias.” (5º Eletrotécnica)

“Que os elétrons podem passar através das paredes de material, por conta da sua massa ser muito pequena.” (5º Eletrotécnica)

Com as respostas dadas pelos alunos, é perceptível que todos compreenderam o assunto exposto na aula, como o foco principal da intervenção era assimilar o Tunelamento Quântico com o filme Homem-Formiga e a Vespa, desse modo obtivemos um ótimo resultado.

No final do questionário havia um espaço para que os alunos pudessem expressar suas opiniões sobre a intervenção, como já relatado na metodologia, vejamos alguns desses comentários:

“Pontual, objetiva e inteligente. Explica com condescendência ao grau de envolvimento dos alunos dentro do assunto. Gostaria de mais aulas assim.” (5º Eletrotécnica)

“Você foi muito boa na explicação, conseguiu prender a atenção, fazer debates, desejo que você consiga se sair bem no seu TCC.” (5º Edificações)

“Aula excelente, trouxe elementos do dia a dia, explicou de forma simples e direta (bom de compreender), está de parabéns, sucesso no TCC.” (5º Edificações)

“Foi muito importante para ampliar nosso conhecimento, muito participativa, explicou muito bem.” (5º Eletrotécnica)

Comentários como estes são satisfatórios e incentivadores, pois quando os alunos demonstram entusiasmo pelo conteúdo e pela forma em que a aula foi realizada, nos motiva a manter o foco e usar cada desafio como uma oportunidade para avançar no ensino.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Utilizar filmes de ficção científica para ensinar Física se mostrou algo eficiente. Durante a intervenção os alunos ficaram atraídos e manifestaram suas ideias e opiniões referente ao assunto exposto sobre o filme “Homem-Formiga e a Vespa”, e demonstraram um grande entusiasmo pela forma em que a Física foi exposta. Ao mostrarmos aos alunos essa nova perspectiva, eles conseguiram perceber que a Física não é algo restrito apenas ao formalismo matemático da sala de aula, mas que ela está presente em múltiplos aspectos do nosso cotidiano,

inclusive em algo que é considerado apenas como um mero entretenimento, como os filmes dos super-heróis.

Porém, destaca-se que a utilização de filmes de ficção científica como método de ensino, embora seja bastante eficiente, não substitui o livro didático nem a prática de exercícios em sala de aula. Estes continuam sendo instrumentos fundamentais no processo de ensino e aprendizagem. Apesar disso, consideramos que o ensino apenas pautado em repetições de fórmulas pode acabar transformando o ensino de Física em algo cansativo e sem relações com o cotidiano dos alunos. Percebe-se assim, que o uso da ficção científica em sala de aula é mais do que um recurso didático para o ensino de Física, é um discurso social sobre a ciência.

Analisamos diversos benefícios a partir da metodologia aplicada neste trabalho, bem como a quebra do modelo tradicional, o desenvolvimento dos alunos nos questionamentos feitos, a socialização entre professor-aluno, a interação entre as teorias físicas com prática, bem como o desenvolvimento crítico da realidade. Os resultados obtidos por meio deste trabalho ficam evidentes, pois mesmo enfrentando dificuldades, os alunos demonstraram satisfação com os métodos usados, além de manifestarem seus interesses sobre a Física Moderna, conteúdo este que precisa ser mais evidenciado nas salas de aula, pois mesmo que os seus assuntos já estejam no currículo escolar do Ensino Médio, pouco é citado e estudado.

Assim, percebe-se a importância dos professores sempre estarem em formações e buscarem conhecimentos, para assim atuar com novas metodologias de trabalho que vão na contramão dos modelos tradicionais de ensino, para assim facilitar o entendimento dos conceitos físicos e desmitificar que a disciplina de Física não seja cativante para os alunos, e conseqüentemente, fazer com que flua o conhecimento e o tempo didático, bem como a harmonia da relação professor-aluno, pois a busca pelo ensino de qualidade é e sempre será o objetivo principal dos educadores.

REFERÊNCIAS

ALLAIN, Rhett. Ant-Man Shrinks by Stretching Into Other Dimensions. Disponível em <<http://www.wired.com/2015/07/ant-man-shrinks-by-stretching-into-otherdimensions>>. Acesso em: 05 de outubro de 2021.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Linguagens, códigos e suas tecnologias: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais – PCNS+. Brasília, 2002.

BRITO, Carlos Eduardo C. A Física dos filmes de Hollywood: Seria essa uma fonte segura de conhecimento?. Disponível em: <<http://www.ucb.br/sites/100/118/TCC/1%C2%BA2011/AFisicadosFilmesdeHollywooldCarlosEduardo.pdf>>. Acesso em 05 de outubro de 2021.

CASTRO, Ronaldo A. de; CORREIA Filho, João A.; GONÇALVES, Heitor A., A inserção da física moderna no ensino médio, in: XV Simpósio Nacional do Ensino de Física, p 1780 –1789: 2003.

CHRISTOFOLETTI, R. Filmes na sala de aula: recurso didático, abordagem pedagógica ou recreação? Educação (UFSM), v. 34, n. 3, p. 603-616, 2009. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reeducacao/article/view/871>>. Acesso em 03 de novembro 2022.

DE BROGLIE, L. , Recherches sur la théorie des quanta (Researches on the quantum theory), Thesis (Paris), 1924; L. de Broglie, Ann. Phys. (Paris) 3, 22 (1925). Reprinted in Ann. Found. Louis de Broglie 17 (1992) p. 22.

DENZIN, Norman K.; LINCOLN, Yvonna. A disciplina e a pratica da pesquisa qualitativa. In: DENZIN, Norman K.; LINCOLN, Yvonna (orgs). Planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens. 2 ed. Porto Alegre: ARTMED, 2006

E.C. Valadares e A.M. Moreira, Cad. Bras. Ens. Fis. 15, 2 (1999)

DIÁRIO DE PERNAMBUCO, Física Moderna gera polêmica na UPE, quinta-feira, 22 de agosto de 2002. Disponível em: <<http://www.pernambuco.com/diario/2002/08/22/urbana130.html>>. Acesso em 26 de setembro de 2021.

EINSTEIN, A. O ano miraculoso de Einstein: cinco artigos que mudaram a face da física. Organização e Introdução de JOHN STACHEL. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 2001. p. 201-222.

EISBERG, Robert; RESNICK, Robert. Física Quântica. Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas. São Paulo : Campus/Elsevier, 1979.

FERREIRA, Rodrigo Medeiros. Física moderna: divulgação e acessibilidade no ensino médio através das histórias em quadrinhos. 2013. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Centro de Educação, Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2014. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/1225>>. Acesso em 20 de dezembro de 2023.

GONÇALVES Jr Wanderley P.; BARROSO Marta F.. As questões de Física e o desempenho dos estudantes no ENEM. Revista Brasileira de Ensino de Física, 2014

Jan;36(1):1–6. Disponível em: : <<https://doi.org/10.1590/S1806-11172014000100017>>. Acesso em 20 de dezembro de 2023.

KNOBEL, Marcelo. A ciência por trás do mundo quântico de Homem-Formiga. REDAÇÃO NATIONAL GEOGRAPHIC BRASIL, 08 de fevereiro de 2023. Acesso em 22 de agosto de 2023.

KORNIS, Mônica Almeida. História e Cinema: um debate metodológico. Revista de estudos históricos, v. 5, n. 10, p. 237-250, 1992. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/reh/article/viewArticle/1940>>. Acesso em 05 de setembro de 2021.

MARTINS, André Ferrer Pinto. O Ensino do conceito de tempo: contribuições Históricas e Epistemológicas, Dissertação de Mestrado; Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998. Acesso em 26 de set. 2020

MEC, Bases Legais dos PCN – Ensino Médio, Ministério da educação, 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/baseslegais.pdf>>. Acesso em 26 de setembro de 2020.

MEDEIROS, Wanderley Honorio. Primórdios da Física quântica: Radiação de Corpo Negro e Efeito Fotoelétrico. Universidade Federal de Rondônia. Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao DEFIJI, Campus de Ji-Paraná, 2010. Disponível em: <https://fisicajp2.unir.br/uploads/48059049/arquivos/TCC_WANDERLEY_HONORIO_DE_MEDEIROS_2010_842556855.pdf>. Acesso em 20 de dezembro de 2023.

MENESES, Ramiro Délio Borges, O princípio de incerteza de W. Heisenberg: física e filosofia. Humanística e Teologia, Porto, n. 22, 2001.

MIKICHEV, G.; BUKHOVTSEV B. Importância da Física para o Esclarecimento do Universo e para o Desenvolvimento das Forças Produtivas da Sociedade. Disponível em: <http://www.fisica.net/fisico/importancia_da_fisica.php>. Acesso em 20 de outubro de 2023.

MOREIRA, Ildeu de Castro, 1905 – Um ano miraculoso. Revista Ciência Hoje, Vol 36, n212, p 34-41, janeiro/fevereiro de 2005. Acesso em 26 de setembro de 2020.

MOREIRA, Ildeu de Castro. Einstein e seus trabalhos de 1905 e 1915. Disponível em: <<https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/2/1/einstein-e-seus-trabalhos-de-1905-e->

1915#: -:text=Em%201905%2C%20Einstein%20deduziu%20tamb%C3%A9m,realiza dos%20a%20partir%20de%201908>. Acesso em 25 de agosto de 2023.

MOREIRA, I. 1905 - Um Ano Miraculoso. Revista Ciência Hoje, n. 212, v. 36, 2005.

NOGUEIRA, Liebert parreiras. O USO DE FILMES NO ENSINO DE FÍSICA. Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), 2005.

OLIVEIRA, F. F. de ., VIANNA, D. M., & GERBASSI, R. S.. (2007). Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. Revista Brasileira De Ensino De Física, 29(3), 447–454. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1806-11172007000300016>>. Acesso em 19 de dezembro de 2023.

OLIVEIRA, L. A.; GONÇALVES, J. P. O uso de filmes de ficção como recursos pedagógicos ou "ver por meio de uma gramática desconhecida". HOLOS, v. 7, p. 117-131, 2018. Disponível em: <<https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/4899>>. Acesso em 03 de novembro de 2022.

OSTERNANN, F., FERREIRA, L.M. & CAVALCANTI, C.J. H. (1998). Tópicos de Física Contemporânea no Ensino Médio: Um Texto para Professores sobre Supercondutividade. Revista Brasileira de Ensino de Física, 20(3): 270-288. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/veiculos_de_comunicacao/ENF/ENF20N3/ENF20N3_10.PDF>. Acesso em 26 de agosto de 2023.

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, Porto Alegre: v.5, n.2, paginação eletrônica, 2000.

PASSOS, Carmensita Matos Braga. Novos projetos pedagógicos para formação de professores: registros de um percurso. 2007. Tese de Doutorado. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil. Disponível em <http://www.repositorio.ufc.br/ri/bitstream/riufc/2973/1/2007_Tese_CMBPassos.pdf>. Acesso em 05 de setembro de 2020.

PLANCK, Max. On the Law of the Energy Distribution in the Normal Spectrum. Annalen Der Physik, Berlin, n. 4, p.202-237, 1901.

SILVA, Gabriel. GAMELAS, Mário. RABELO, João Felipe. BULHOSA, Lucas. SILVA, Murilo. Memória flash e o tunelamento quântico. Faculdade de Engenharia Elétrica do Pará, Universidade Federal do Pará. Disponível em:

<<https://xdocz.com.br/doc/memoria-flash-e-tunelamento-6nw5d076qqn1>>. Acesso em 26 de agosto de 2023.

SORENSEN, Rafael do Nascimento. POSSIBILIDADES DO USO DE OBRAS DE FICÇÃO CIENTÍFICA NO ENSINO DE FÍSICA. Revista do Professor de Física, Brasília, v. 5, n. 2021, p. 31-43, 2021.

TAVARES, Bráulio. O Que é Ficção Científica. São Paulo: Brasiliense, 1986. 169 p.

REDAÇÃO NATIONAL GEOGRAPHIC BRASIL PUBLICADO 8 DE FEV. DE 2023, 10:33 BRT, ATUALIZADO 8 DE FEV. DE 2023, 11:39 BRT. Disponível em: <<https://www.nationalgeographicbrasil.com/ciencia/2023/02/a-ciencia-por-tras-do-mundo-quantico-de-homem-formiga>>. Acesso em 12 de agosto de 2023.

ROMANO, Jair Carlos. Governo do Estado do Rio Grande do Norte: Ensino Médio de qualidade. Física. Natal: Sistema de Ensino Holos, 2004.

ZARATE, Oscar. Entendendo Teoria Quântica. São Paulo: Leya, 2012.