



A utilização das histórias do Homem Formiga como contexto para o Ensino de Física

The use of the Ant Man's stories as a context for Physics Teaching

El uso de historias del Hombre Hormiga como contexto para la Enseñanza de la Física

Kremmellin Barbosa dos Santos¹



<https://orcid.org/0000-0001-9586-8141>

Maria Cristina do Amaral Moreira²



<https://orcid.org/0000-0002-8760-6341>

Resumo: Tendo em vista os avanços tecnológicos, que fazem com que conhecimentos sejam difundidos de maneiras diversas e através de recursos cada vez mais sofisticados, este trabalho propõe a análise dos filmes do super-herói Homem Formiga, sob a ótica do Ensino de Física, para temas de Física Moderna e Contemporânea. Nossa análise teve o intuito de selecionar cenas do filme que podem ser utilizadas para explicar conceitos complexos e abstratos, tais como aqueles relacionados com a Física Quântica, além de examinar a veracidade dos fenômenos físicos presentes nos filmes. Para embasar a relevância dessas discussões, foi feito um levantamento dos trabalhos publicados nos dois maiores eventos relacionados ao Ensino de Física no Brasil: o EPEF e o SNEF, onde encontramos um número considerável de trabalhos produzidos nesse sentido. A partir da pesquisa, podemos constatar a eficácia da utilização desses filmes em sala de aula, tornando o processo de ensino-aprendizagem mais significativo.

Palavras-chave: Ensino de Física. Física Moderna e Contemporânea. Ficção Científica.

Abstract: In view of technological advances, which make knowledge to be disseminated in different ways and through increasingly sophisticated resources, this paper proposes the analysis of the superhero Ant-Man's movies, from the perspective of Physics Teaching, for themes of Modern and Contemporary Physics. Our analysis aimed to select scenes from the film that can be used to explain complex and abstract concepts, such as those related to Quantum Physics, in addition to analyzing the veracity of physical phenomena present in the films. To support the relevance of these discussions, a survey was made of the works published in the two largest events related to Physics Teaching in Brazil: the EPEF and the SNEF, where we found a considerable number of works produced in this sense.

¹ Graduado em Física pelo Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ). Membro do Grupo de Estudo de Materiais Educacionais em Ciência (GEMEC/IFRJ). E-mail: kremmellin@outlook.com

² Doutora em Educação em Ciências e Saúde, pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Docente do Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ). Líder do Grupo de Estudo de Materiais Educacionais em Ciência (GEMEC/IFRJ). E-mail: maria.amaral@ifrj.edu.br

From this research, we can see the effectiveness of using these films in the classroom, making the teaching-learning process more meaningful.

Keywords: Physics Teaching. Modern and Contemporary Physics. Science Fiction.

Resumen: Teniendo en cuenta los avances de la tecnología, que permiten difundir el conocimiento de diferentes maneras y a través de recursos cada vez más sofisticados, este trabajo propone el análisis de las películas del superhéroe Ant-Man, desde la perspectiva de la Enseñanza de la Física, para temas de Física Moderna y Contemporánea. Nuestro análisis tuvo como objetivo seleccionar escenas de la película que puedan ser utilizadas para explicar conceptos complejos y abstractos, como los relacionados con la Física Cuántica, además de examinar la veracidad de los fenómenos físicos presentes en las películas. Para sustentar la pertinencia de estas discusiones, se realizó un levantamiento de los trabajos publicados en los dos mayores eventos relacionados con la Enseñanza de la Física en Brasil: la EPEF y la SNEF, donde encontramos un número considerable de trabajos producidos en este sentido. A partir de esta investigación, podemos ver la efectividad del uso de estas películas en clases, haciendo más significativo el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Palabras-clave: Enseñanza de la Física. Física Moderna y Contemporánea. Ciencia Ficción.

Introdução

Desde viagens pelo espaço-tempo até o mundo das menores partículas que se tem conhecimento, do mundo da inteligência artificial de robôs até o risco de doenças mortais, filmes de ficção científica podem retratar diversos temas científicos importantes para a sociedade. Quando se fala em inovação no ensino, os filmes podem ser considerados instrumentos que proporcionam muitas possibilidades de discussões em sala de aula e podem gerar aprendizado, além de outras oportunidades, tais como a de desenvolver o senso crítico nos aprendizes. Pensando especificamente no Ensino de Física, os filmes do gênero ficção científica podem ser bons exemplos de recursos didáticos, sobretudo de auxílio da compreensão de fenômenos abstratos, além de desenvolvimento de conhecimentos que ultrapassam os limites culturais, levando os alunos a entender métodos e relações da ciência com a sociedade e o cotidiano. São, portanto, ferramentas muito úteis em salas de aula.

Outro ponto importante relacionado à ficção científica é o fato de que esta pode ser considerada um instrumento de divulgação científica (SUPPIA, 2006). A partir dela, várias pessoas demonstram interesse pela ciência, seja como curiosidade ou como possível carreira profissional. Tornar a ciência acessível para a população serve para reafirmar a importância do conhecimento científico, além de valorizar a carreira dos pesquisadores.

As produções voltadas para a ficção científica podem, além de despertar a curiosidade do público, permitir que seja desenvolvido um vocabulário científico ao apreender expressões que, de modo geral, são usadas apenas pela comunidade acadêmica, tais como buraco negro, buraco de minhoca, mundo quântico, entre outras. O caráter da ficção científica como veículo capaz de implantar a semente da cultura científica nos cidadãos é enfatizado pelo físico Osame Kinouchi Filho, ao afirmar, em uma entrevista para a revista eletrônica *Com ciência*, que o gênero cria “clima cultural de valorização da ciência”, mesmo quando não é cientificamente rigoroso (TAKATA, 2017, p. 1).

Nesse sentido, o uso de filmes na Educação Básica vem despertando o interesse de pesquisadores já há algum tempo (MACHADO, 2002; NAPOLITANO, 2003; COUTINHO, 2006). Com relação às aulas de Física no Ensino Médio, as ficções científicas podem ser usadas como suporte para a introdução de conteúdos específicos ou como precursoras de discussão e reflexões acerca de conceitos já estudados, mas principalmente como promotoras para o levantamento de dúvidas referentes ao meio científico. O recurso da ficção científica se torna ainda mais rico quando se pensa em ultrapassar o conteudismo das aulas, pois o uso de obras de ficção pode potencializar processos cognitivos, sendo capazes de explorar conteúdos científicos que são pouco abordados na escola – conteúdos de Física Moderna e Contemporânea (FMC), por exemplo. Entretanto, apesar das potencialidades do uso desse tipo de estratégia no Ensino Básico, precisamos levar em consideração algumas barreiras, tais como as apontadas nas pesquisas de Christofolletti (2009) e de Oliveira e Gonçalves (2018): tempo das aulas reduzido e falta de infraestrutura, de disposição de equipamentos de multimídia e de preparo dos docentes para trabalhar tais questões, tendo em vista que podem surgir dificuldades para estabelecer relações entre os conceitos que precisam ser ensinados e os que estão presentes nos filmes.

Ademais, precisamos ter em mente que tanto a ciência quanto as artes são produtos socioculturais e, mesmo que cada uma tenha seu campo de atuação, também podem ser percebidas de forma interdisciplinar. É possível “fazer uma abordagem cultural da ciência e esta poderá nos ajudar a compreendê-la melhor” (REIS; GUERRA; BRAGA, 2006, p. 84). No Ensino de Física, a ponte interdisciplinar é capaz de aprimorar os processos de ensino-aprendizagem, mas é preciso que os docentes estejam preparados para trabalhar esse tipo de abordagem.

Com isso, é possível quebrar as barreiras e unir ciência e arte, auxiliando na alfabetização em duas áreas importantes de nossa sociedade: a artística e a científica. Zanetic (2016) fala especificamente da literatura, mas seu discurso também embasa a defesa do diálogo entre a arte como um todo e a ciência. Em um trecho da música chamada *Quanta*, de Gilberto Gil (1997), é possível contemplar a beleza dessa relação:

Sei que a arte é irmã da ciência
Ambas filhas de um Deus fugaz
que faz num momento e no mesmo momento se desfaz.

Partimos do princípio de que é necessário buscar no imaginário, na ficção, aspectos científicos que possam ser utilizados para construir um aprendizado real, tendo o filme como auxiliador da aprendizagem. Essas reflexões nos levam ao seguinte questionamento: como ensinar conteúdos de FMC com base em cenas dos filmes do Homem Formiga?

Nosso objetivo é contribuir para a formação de docentes de Física, trazendo melhorias para o processo de ensino-aprendizagem, com inserção de tópicos de FMC no Ensino Médio e utilizando o filme como recurso didático. Neste trabalho, trazemos os filmes mais marcantes que relacionam conceitos de

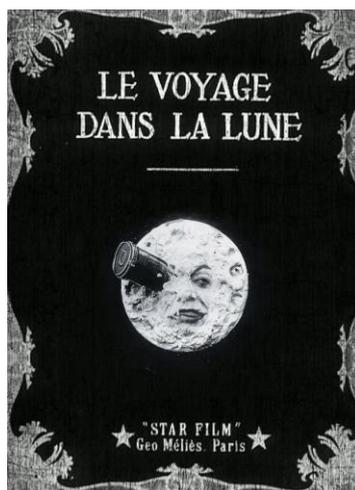
Física no contexto da ficção científica, uma revisão bibliográfica com as principais referências da literatura no Ensino de Física que defendem a inserção de conceitos de FMC no Ensino Médio, além de uma fundamentação teórica com autores que apresentam o uso de filmes como um recurso didático e, por fim, um pequeno levantamento de trabalhos que relacionam o uso de filmes com o Ensino de Física, produzidos nos dois maiores eventos de Ensino de Física da Sociedade Brasileira de Física (SBF): o Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF) e o Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF). Em seguida, apresentamos uma sinopse dos filmes do Homem Formiga e trazemos os conceitos que identificamos para serem trabalhados no Ensino Médio por meio desses filmes.

O encontro da ciência Física e o cinema

A relação entre o cinema e a Física desperta a curiosidade do público e da academia, não só para a *hard physics* (em português, essa expressão é conhecida como Física bruta ou Física dura), mas também para seu uso instrumental no Ensino de Física (GHIZONI, 2016). Pesquisas como as de Piassi (2013), Vidal (2013) e Zanetic (2016) vêm corroborando com a necessidade de se trabalhar essas relações no ensino, indicando justificativas que revelam a importância dessas associações. É certo que o cinema tem o poder de despertar alguns sentimentos e sensações no público, o que pode levá-lo a refletir e, até mesmo, resultar em mudanças na sociedade. Além disso, também é uma forma de entretenimento, configurando-se como uma fonte de lazer (XAVIER, 2018). Vale reforçar que o cinema ajuda na divulgação da ciência e de novas tecnologias, pois as “transposições e as vivências que a linguagem cinematográfica possibilita são tão marcantes, que muitas vezes elas se tornam as referências profundas e comuns pelas quais a ciência e a tecnologia são percebidas por grande parte da sociedade” (OLIVEIRA, 2006, p. 135).

O primeiro encontro entre a Física e o cinema aconteceu no início do século XX, na França, em 1902, com o lançamento do primeiro filme de ficção científica: *Le Voyage dans la Lune* (tradução: Viagem à Lua) (MÉLIÈS, 1902). No roteiro do filme, após um cientista convencer seus colegas em um congresso a participarem de uma expedição espacial, eles fazem uma viagem para a Lua, utilizando um projétil como meio de locomoção, e lá encontram seres extraterrestres. Algumas características marcantes a respeito desse filme são: é um filme de curta duração – aproximadamente 14 minutos – e é mudo, com as imagens em preto e branco (Figura 1).

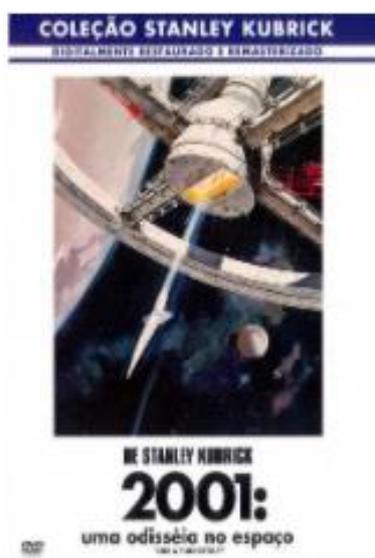
Figura 1: Cartaz do filme *Viagem à Lua*, de Georges Méliès



Fonte: Site Adoro Cinema³, 2013.

Outro filme (Figura 2) que tem grande importância para o conhecimento científico é o *2001: uma odisséia no espaço* (KUBRICK, 1968). Ele representa um retrato de uma ficção científica mais sólida e fundamentada, trazendo perspectivas acerca dos avanços tecnológicos da humanidade e discutindo seus possíveis efeitos e consequências para o planeta. O filme também traz elementos com bastante riqueza de detalhes, o que pode ter ajudado no desenvolvimento de tecnologias posteriores, já que alguns desses elementos são bastante comuns atualmente, mas na época ainda não haviam sido inventados, como computadores portáteis, comida desidratada e simulações (GHIZONI, 2016).

Figura 2: Cartaz do filme *2001: uma odisséia no espaço*, de Stanley Kubrick



Fonte: Site Adoro Cinema, 2014.

³ Cf. <https://www.adorocinema.com/>.

Em 2014, chegou aos cinemas o filme *Interestelar* (NOLAN, 2014). O filme (Figura 3) se passa em uma época em que a Terra está passando por drásticas mudanças climáticas e, após uma série de catástrofes, o planeta fica cada vez mais hostil, com menos elementos favoráveis à vida humana, sendo apenas uma questão de tempo até que a raça humana seja extinta. Com isso, no decorrer do filme, cientistas buscam por uma saída para a sobrevivência da raça humana, sendo organizada uma expedição pela NASA (do inglês, National Aeronautics and Space Administration) através do espaço, na qual foram enviados 12 astronautas em busca de um novo habitat para os humanos. Esse filme traz inúmeros elementos científicos que são de tamanha importância para a comunidade científica, sendo tema de diversas pesquisas nos últimos anos (FRAGA, 2016; TONELLO; GÜILLICH, 2018; MOURA; VIANNA, 2019.). Além disso, ele não se limita a discussões estritamente voltadas para a ciência, pois explora também a condição humana e as limitações do planeta, resgatando a ideia de que a “humanidade não permanecerá para sempre presa à Terra” (ARENDDT, 2013, p. 1-2).

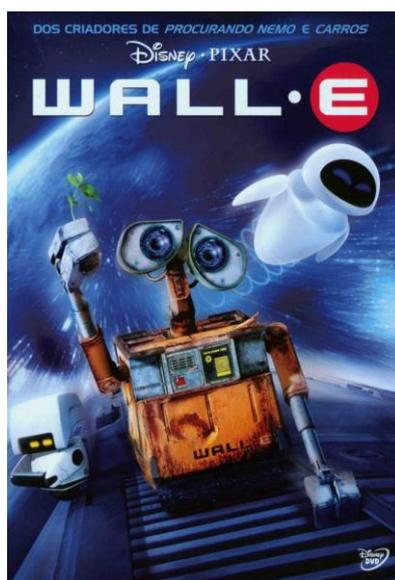
Figura 3: Cartaz do filme *Interestelar*, de Christopher Nolan



Fonte: Site Adoro Cinema, 2014.

Mais recentemente, passaram a existir também obras de ficção científica que foram produzidas para crianças, como o filme de animação WALL-E (STANTON, 2008), produzido pela Pixar Animation Studios, que aborda questões sociais como conscientização sobre desenvolvimento sustentável, disposição adequada de lixo, sedentarismo, entre outras (Figura 4). É importante comentar que existem diversas literaturas clássicas desse gênero que foram adaptadas, ganhando versões infantis. Obras como *Viagem ao centro da Terra* (1864) e *Vinte mil léguas submarinas* (1869), de Júlio Verne; *A máquina do tempo* (1895) e *A guerra dos mundos* (1897), de H.G. Wells; e *Eu, robô* (1950) e *Sonhos de robô* (1986), de Isaac Asimov, são algumas recomendações tanto para crianças quanto para os professores que querem aprender um pouco mais sobre o universo da ficção científica.

Figura 4: Cartaz do filme *WALL-E*, de Andrew Stanton



Fonte: Site Adoro Cinema, 2013.

A utilização de filmes como metodologia para o Ensino de Física

O ato de ensinar está relacionado a construir, junto aos estudantes, uma visão voltada para o desenvolvimento e a formação do cidadão contemporâneo, que seja atuante e solidário e possua instrumentos para compreender, intervir e participar das ações humanas de seu cotidiano, tal como a ciência (MORAIS, 2015). No processo de ensino-aprendizagem, o professor é um agente mediador de conhecimentos e, para isso, utiliza-se de meios para aumentar a capacidade do aluno de observar fatos e questioná-los com base em princípios científicos fundamentais (OSBORNE, 2007). Diversas propostas metodológicas, capazes de auxiliar o professor em sala de aula, vêm sendo debatidas por pesquisadores. O uso de recursos audiovisuais, em particular os filmes, tem sido utilizado por professores nos últimos anos.

Pensando na Física, componente curricular obrigatório em todo o território nacional e foco deste estudo, os filmes de ficção científica podem ter grande potencial no que se refere às melhorias nos processos de ensino-aprendizagem, pois podem permitir que os alunos tenham uma visão mais aprimorada das teorias físicas aplicadas aos contextos sociais (GONÇALVES; TOSCANO, 2010). Esse tipo de estratégia, que utiliza elementos audiovisuais na ciência, também pode ser incorporado ao Ensino Fundamental, desde os primeiros contatos com a ciência Física. Vivemos cercados por esses elementos e, portanto, a escola deve acompanhar esses avanços e incorporá-los, ainda nos primeiros anos da Educação Básica. Resgatamos o que foi afirmado por Siqueira (2006, p. 145):

As animações podem ser uma forma de estimular as crianças a se interessarem por temas variados, inclusive a ciência, de forma provocativa, interessante e criativa. Podem apresentar os desafios éticos da profissão de cientista, podem cumprir a tarefa de reaproximar a ciência da vida.

Já há algumas décadas, estudos na área de Ensino de Física vêm corroborando com a necessidade de trabalharmos e estudarmos mais conteúdos relacionados à FMC. Pesquisas como a de Ostermann e Moreira (2000) indicam justificativas que revelam a importância desse ensino, como, por exemplo, as mudanças de concepções da sociedade moderna. Além disso, percebe-se que o ensino de FMC nos cursos de licenciatura ainda tem sido feito com grande contingente de exercícios e com ênfase, quase exclusivamente, na linguagem matemática (LIMA; ALMEIDA, 2012). Vale destacar uma das competências específicas, da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento normativo para as redes de ensino públicas e privadas, no qual é sugerida a abordagem de temas atuais (BRASIL, 2018, p. 536):

Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação.

No campo educacional ainda há muito por desenvolver no que se refere à FMC. Vale destacar o que é dito por Moreira (2017, p. 2):

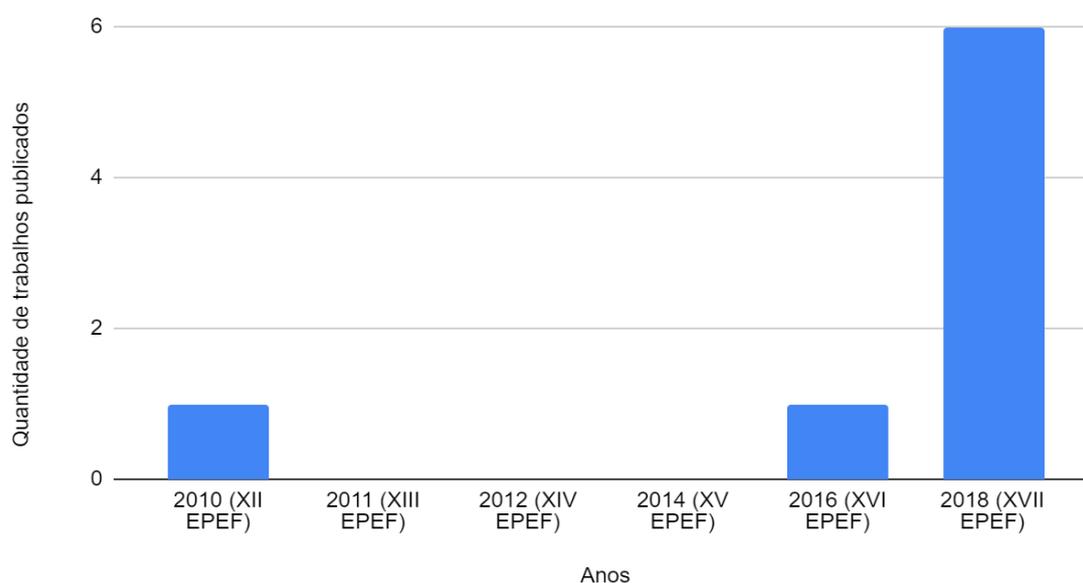
Além da falta e/ou despreparo dos professores, de suas más condições de trabalho, do reduzido número de aulas no Ensino Médio e da progressiva perda de identidade da Física no currículo nesse nível, o Ensino da Física estimula a aprendizagem mecânica de conteúdos desatualizados. Estamos no século XXI, mas a Física ensinada não passa do século XIX.

Diante de um cenário que parece desafiador para o Ensino de Física, buscamos discutir alguns dos temas que podem ser resgatados de filmes e aproveitados no contexto do ensino de FMC, além de revisar conteúdos fundamentais dados anteriormente e que têm sua relevância para este estudo. Nesse sentido, trazemos o que é defendido por Passos (2007), quando propõe o uso de novas metodologias que sejam capazes de impactar o processo de ensino-aprendizagem, a fim de torná-lo mais motivador para os estudantes e de solucionar alguns impasses para o ensino de determinados conteúdos, como os relacionados à FMC. Com base nisso, propomos uma metodologia voltada para o uso de filmes como estratégia de ensino, com o intuito de modificar o cotidiano escolar, a ser utilizada dentro do campo curricular da Física. Poderiam ser abordadas várias áreas do Ensino de Física, mas iremos direcionar nossas atenções para os conteúdos relacionados à FMC, possibilitando assim o esclarecimento de maneira mais simples e compreensiva sobre alguns conceitos (XAVIER et al., 2010).

Para obtermos dados quantitativos sobre pesquisas relacionadas à utilização de filmes nas aulas de Física, analisamos trabalhos apresentados nos dois maiores eventos nacionais do Ensino de Física: o EPEF⁴ e o SNEF⁵. Ambos os eventos são promovidos pela SBF e têm a finalidade de discutir as principais pesquisas em desenvolvimento na área do Ensino de Física. Escolhemos como fonte para consulta as edições desses dois eventos dos últimos 10 anos, ou seja, consultamos os anais dos eventos realizados no período compreendido entre 2010 e 2019. O motivo para a escolha desses eventos se deve ao fato de serem os dois maiores encontros para a área do Ensino de Física, além de reunirem estudantes de diferentes níveis. A pesquisa foi feita por meio de consultas simples aos anais/atas dos eventos, todos disponíveis no site da SBF⁶. Para encontrarmos os trabalhos que selecionamos, realizamos uma leitura conjunta dos títulos de todos os trabalhos publicados no período supracitado.

Destacamos que esse panorama é apenas para os dois eventos (EPEF e SNEF) e, portanto, não pretendemos generalizar os dados obtidos a partir desta pesquisa para todos os que são produzidos no país. Publicações em revistas, teses de doutorado, dissertações de mestrado e monografias de graduação também discutem essa relação e podem ser encontradas facilmente a partir de uma busca simples. Por isso, reforçamos que nesta pesquisa pretendemos apenas observar as tendências dessas discussões nos dois eventos da SBF voltados para o Ensino de Física.

Figura 5: Trabalhos sobre o uso de filmes no Ensino de Física produzidos para o EPEF (2010-2019)



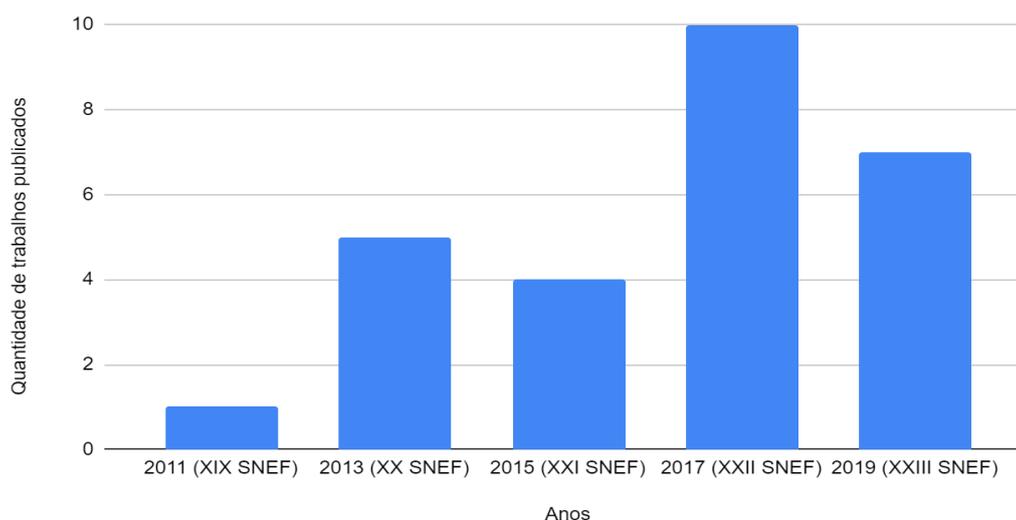
Fonte: Elaboração própria a partir de dados do EPEF (2010-2019), 2022.

⁴ Cf. <http://www.sbfisica.org.br/vl/home/index.php/pt/memoria/snef>

⁵ Cf. <http://www.sbfisica.org.br/vl/home/index.php/pt/memoria/epef>

⁶ Cf. <http://www.sbfisica.org.br/>

Figura 6: Trabalhos sobre o uso de filmes no Ensino de Física produzidos para o SNEF (2010-2019).



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do SNEF (2010-2019), 2022.

Não é difícil perceber que a quantidade de trabalhos apresentados no SNEF é bem maior do que a quantidade de trabalhos apresentados no EPEF, não cabendo neste momento a discussão sobre a discrepância nesses valores. Sobre os trabalhos apresentados no EPEF, podemos verificar que existem poucas produções que discutem o uso de filmes como metodologia de ensino, sendo que, no ano de 2018 (XVII EPEF), tivemos um aumento significativo quando comparado com as edições anteriores. Nos trabalhos referentes ao SNEF, com exceção da edição de 2011 (XIX SNEF), podemos ver que vêm sendo produzidos trabalhos desse tipo nas últimas edições, sendo o ano de 2017 (XXII SNEF) o ano com mais trabalhos produzidos.

Os trabalhos, em ambos os eventos, utilizam-se de filmes para tratar diversos temas da ciência, não se restringindo apenas às aplicações, mas trazendo discussões que envolvem História e Filosofia da Ciência, discussões com abordagens de Ciência, Tecnologias e Sociedade, entre outras abordagens. Além disso, outra característica importante que pode ser considerada, com base neste levantamento, é que o uso de filmes como estratégia para o ensino permite que sejam incorporadas inúmeras metodologias às aulas, não se limitando apenas à exposição do filme. O Quadro I abaixo lista os títulos dos trabalhos selecionados para este estudo.

Quadro I: Trabalhos sobre o uso de filmes no Ensino de Física apresentados no SNEF e no EPEF (2010-2019)

Evento	Título
XII EPEF	Recursos audiovisuais como temática de pesquisa em Ensino de Física em periódicos brasileiros
XVI EPEF	A ciência é neutra? Discussão em sala de aula a partir do filme Steamboy
XVII EPEF	Filmes nos livros didáticos de Física

XVII EPEF	A representação de Stephen Hawking no cinema: estereótipos e mitificação do cientista
XVII EPEF	Filmes de ficção científica como estratégia no Ensino de Física
XVII EPEF	Características sociais do conhecimento científico em desenhos animados
XVII EPEF	A representação da ciência na mídia: uma análise crítica do filme Elysium
XVII EPEF	Interações em sala de aula mediadas pelo uso de recursos fílmicos em uma perspectiva investigativa
XIX SNEF	Possibilidades criadas pela utilização do Filme Pu 239 (Plutônio 239), no ensino de conceitos de Radiações Ionizantes com turmas de 2ª Série do Ensino Médio, sob o olhar da Teoria Sócio-Interacionista de Lev Vygotsky
XX SNEF	STAR TREK: MEDIA ET SCIENTIA - Um exemplo de aplicação para o Ensino de Tópicos de Física Moderna e Contemporânea
XX SNEF	Ciência, cinema e macacos
XX SNEF	A utilização didática de um filme de ficção científica em aulas de Física no Ensino Médio
XX SNEF	Projeto de cinema no Ensino de Física
XX SNEF	Cinema e Física: um relato da utilização do filme de Frankenstein de Mary Shelley para introdução do conceito de eletricidade
XXI SNEF	O filme Velozes e Furiosos no Ensino de Física: relato de uma experiência investigativa
XXI SNEF	A utilização de filmes como recurso didático no Ensino da Física: uma intervenção didática do PIBID-Física
XXI SNEF	Aplicação da Física no cinema: detecção de erros em produções cinematográficas
XXI SNEF	Ciência, Mídia e Educação: possíveis confluências no Ensino de Física
XXII SNEF	A utilização do filme Interestelar para o Ensino de Física Moderna no Ensino Médio
XXII SNEF	Proposta de utilização do filme “Velozes e Furiosos 7” na sala de aula
XXII SNEF	Conexões didáticas entre o cinema e o Ensino de Física
XXII SNEF	O uso de contos e filmes de ficção científica no Ensino de Ciências, na disciplina de Física do Ensino Médio
XXII SNEF	Da câmara à câmera: a história do cinema e os paralelos com o Ensino de Física
XXII SNEF	Caracterização dos conteúdos presentes em programas televisivos de divulgação científica direcionadas ao público infantil
XXII SNEF	Discutindo ciência e sua natureza no Ensino Médio a partir do filme Maze Runner: correr ou morrer
XXII SNEF	Física e cinema: uma oficina sobre semicondutores com o uso do filme Batman, o cavaleiro das trevas
XXII SNEF	Atividades com o documentário A Caverna dos Sonhos Esquecidos na formação inicial de professores de Física
XXII SNEF	O que pensam os alunos sobre o cinema no Ensino de Física?
XXIII SNEF	A utilização da metodologia ativa no Ensino de Física utilizando cenas de filmes e cosplay
XXIII SNEF	Cinema em sala: uma proposta de intervenção didática baseada na Física do filme Interestelar
XXIII SNEF	O cinema no Ensino de Física: uma revisão do SNEF e ENPEC
XXIII SNEF	Buracos negros na linguagem audiovisual da ficção científica: análise de um episódio de Jornada nas Estrelas - a série clássica
XXIII SNEF	Isso é mandinga? Feitiçaria? Coisa do David Copperfield?: O Homem-Formiga no Ensino de Física
XXIII SNEF	Vingadores da Física: uma proposta de educação científica por meio de filmes do universo Marvel
XXIII SNEF	“Viagem ao mundo subatômico”: uma minissérie para o ensino das partículas elementares

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do SNEF e do EPEF (2010-2019), 2022.

A pesquisa referente à utilização de filmes nas aulas de Física como recurso didático é uma área que ainda se encontra em andamento, porém, já possui um número considerável de trabalhos produzidos nesse sentido e podemos concluir que é uma excelente ferramenta para a identificação de conceitos alternativos apresentados pelos alunos. Também é possível dizer que, partindo da ficção, pode-se chegar ao real, e se esse real for próximo ao dia a dia do aluno, o professor consegue trabalhar e validar os conceitos científicos, tornando, além disso, sua aula mais lúdica e prazerosa para ambos.

Os filmes do Homem Formiga

O Homem Formiga (REED, 2015) e *Homem Formiga e a Vespa* (REED, 2018) são filmes de super-herói, baseados em personagens do Universo Marvel, que é um universo compartilhado onde ocorrem as histórias dos títulos de quadrinhos americanos mais famosos do mundo, além de outras mídias que são publicadas pela Marvel Entertainment. Nesse contexto, existe um “multiverso” composto por inúmeros universos diferentes, todos pertencentes ao que chamamos de Universo Marvel. Outros super-heróis muito populares também fazem parte desse universo: Capitão América, Homem de Ferro, Thor, Hulk, Homem Aranha, Viúva Negra, entre outros.

Em 1962, Stan Lee criou um personagem que fez bastante sucesso, o Homem Formiga. Esse super-herói foi atribuído ao cientista Hank Pym, com sua primeira aparição na revista em quadrinhos *Tales to Astonish*, número 27, na qual Pym desenvolveu uma partícula que carrega seu nome – partícula Pym – e tem o poder de fazer uma pessoa encolher ao modificar suas moléculas a nível atômico. Hank Pym não apenas conseguiu mudar seu tamanho, mas também enviar mensagens por meio de ondas eletromagnéticas para insetos, de forma que estes pudessem ser controlados e que realizassem tarefas de acordo com as mensagens enviadas.

No cinema, Hank Pym aparece procurando um substituto para ocupar seu lugar, pois a utilização de seu traje por muitos anos deixou sequelas: problemas neurais devido a uma afetação na química cerebral provocada pela utilização em longo prazo do capacete. Além disso, um outro cientista, Darren Cross, que havia sido seu assistente, se encontra prestes a criar a partícula Pym. Sua pretensão é usá-la para construir o traje denominado Jaqueta Amarela, o qual pretende vender para o grupo Hidra (organização terrorista do Universo Marvel) e, assim, dar suporte à espionagem industrial, mas sob o pretexto de ações protetivas.

O sucessor de Hank Pym é Scott Lang, um ladrão que se viu obrigado a roubar o uniforme e a tecnologia de Pym para resgatar de um sequestro a única cirurgiã capaz de realizar um complexo procedimento cirúrgico e salvar a vida de sua filha. Após o cientista perdoá-lo pelo roubo “bem-intencionado”, Hank ofereceu a Scott a oportunidade de atuar como o próximo Homem Formiga.

Figura 7: Cartaz do filme *Homem Formiga*, de Peyton Reed



Fonte: Site Adoro Cinema, 2015.

No segundo filme do super-herói, ele divide o protagonismo do filme com sua parceira, a Vespa. Nesse filme, o Homem Formiga lida com as consequências de suas escolhas, tanto como super-herói quanto como pai. Dois anos após Scott Lang ter sido preso por ajudar o Capitão América e ter aceitado um acordo para cumprir sua pena em prisão domiciliar, ele tenta reorganizar sua vida com suas responsabilidades como Homem Formiga e como pai. Entretanto, ele é confrontado pelo doutor Hank Pym e sua filha (que passará a atuar como a Vespa) com uma nova missão urgente. Scott deve, mais uma vez, vestir seu traje e lutar, mas, dessa vez, ao lado da Vespa, trabalhando em conjunto para descobrir segredos do passado e adentrar no mundo quântico.

Figura 8: Cartaz do filme *Homem Formiga e a Vespa*, de Peyton Reed.



Fonte: Site Adoro Cinema, 2018.

Muitos conceitos científicos são abordados nos dois filmes do Homem Formiga, e acreditamos que seja possível procurar na Física explicações para os acontecimentos presentes nos filmes. Para grandes escalas, as propriedades do Universo devem ser as mesmas para qualquer observador (SAGAN, 2006), mas o mesmo não ocorre quando analisamos escalas muito pequenas. Geralmente, os heróis ganham seus poderes de forma implausível (KAKALIOS, 2009) e, por essa razão, a explicação dos superpoderes quase nunca é possível a partir de teorias conhecidas da Física. Por outro lado, é possível expor a Física aplicada a determinados momentos, principalmente se tratando dos filmes em questão, em que há a preocupação com a semelhança com o mundo real.

A Física presente nos filmes

Os filmes do Universo Marvel, em especial os filmes do Homem Formiga, trazem inúmeras referências à ciência que, apesar de parecerem impossíveis e totalmente fora da realidade, são pertinentes com o que vem sendo desenvolvido pela comunidade científica e oferecem certa credibilidade. As teorias quânticas presentes nessas obras de ficção não foram inventadas pelos desenvolvedores do filme. O cientista de Física Quântica, Dr. Spiros Michalakis, do Instituto de Tecnologia da Califórnia, é consultor da Marvel Studios e é o responsável por trazer para o filme conteúdos que sejam pertinentes à ciência real. Em uma entrevista com o jornalista Eric Francisco (2017) para a revista *Inverse*, Michalakis disse:

Quando eu estava estudando injetar elementos de física moderna no roteiro, eu tive a ideia de que quando o Homem Formiga vai para o Microverso, aquele seria um lugar onde a natureza da realidade muda ao seu redor. Então, quando você entra no reino quântico, há uma série de leis diferentes que são aplicadas por lá. O que quero dizer é que ao entender potencialmente o código quântico em sua curvatura espaço-temporal, o Homem Formiga poderia manipulá-lo ao ponto de aumentá-lo ou diminuí-lo [...]. Isso é interessante para o futuro. Há diferentes maneiras de como essas ideias podem aparecer nas telas em poucos anos (tradução nossa).⁷

É importante lembrar que o campo de estudo da Física Quântica é muito amplo e engloba assuntos da Física Clássica e, é claro, se relaciona com Questões Sociocientíficas (QSC) presentes em nossa sociedade que, para Sadler e Zeidler (2004), constituem um importante instrumento para o processo de aprendizagem, tal como a compreensão de diversos aspectos relacionados à natureza da ciência e das habilidades de argumentar e avaliar informações. Essas questões configuram-se como questões cotidianas

⁷ No original: “*When I was looking to inject elements of modern physics into the script, I brought up this idea that, when Ant-Man goes into the Microverse, this is a place where the nature of reality changes around you. So, when you enter the quantum realm, its different set of laws takes hold. What I’m saying is that potentially understanding the quantum code from which curvature of space-time comes from, Ant-Man could manipulate it to increase it or decrease it [...]. This is exciting for the future. There are different ways that some of these ideas appear on-screen in a few years*”.

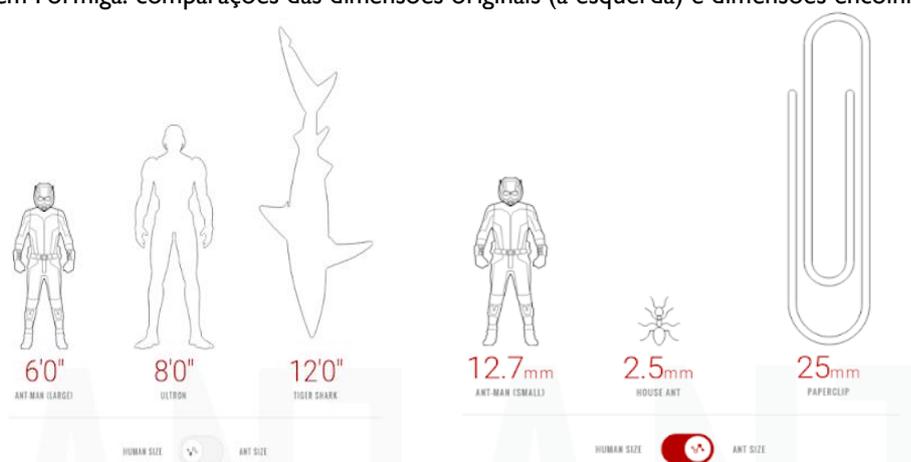
que estão relacionadas diretamente com aspectos da Ciência e da Tecnologia. Por isso, os tópicos de Física explorados neste trabalho não se limitam a assuntos exclusivos da Física Quântica, iremos além e trabalharemos as QSC e conceitos clássicos que podem ser aproveitados no filme, mas sempre dando prioridade para a discussão quântica.

Física Atômica

A Física Atômica “tem como objetivo básico estudar as leis fundamentais da física que regem o comportamento da matéria ao nível atômico e molecular e suas interações com agentes externos tais como o campo eletromagnético e os efeitos de solventes” (SBF, 1990). Com o intuito de criar um conteúdo para justificar os poderes do Homem Formiga, a Marvel criou um site destinado especialmente ao super-herói.⁸

O site explica que o Dr. Hank Pym originalmente descobriu e isolou um raro grupo de partículas subatômicas, que ele denominou como partículas Pym, capazes de aumentar ou diminuir o tamanho de objetos ou seres vivos. A explicação dada para esse fenômeno é que as partículas Pym trabalham diminuindo a matéria em nossa dimensão, encolhendo ou ampliando um objeto ao retirar ou enviar matéria extra proveniente de uma dimensão para outra (MARVEL, 2018). No mesmo site, é possível ver as comparações das dimensões do Homem Formiga em seu tamanho original e quando está encolhido (Figura 9).

Figura 9: Homem Formiga: comparações das dimensões originais (à esquerda) e dimensões encolhidas (à direita)



Legenda: 6'0" = 1,83 m; 8'0" = 2,44 m; 12'0" = 3,66 m

Fonte: Marvel Entertainment, 2018.

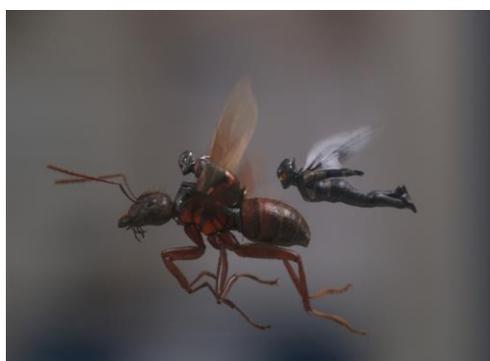
Então, a teoria sobre as partículas Pym consiste na diminuição entre átomos, alterando sua distância atômica relativa e, simultaneamente, aumentando sua massa e força. Logo, de acordo com o

⁸ Cf. <https://www.marvel.com/antman#/antview>

filme, o Homem Formiga terá o mesmo peso, mas com um tamanho cerca de 10 vezes menor e, com isso, ao golpear um inimigo, o impacto será muito maior quando estiver encolhido. Na perspectiva científica e de acordo com o físico Allain (2019), isso só poderia ocorrer caso uma das seguintes condições fossem satisfeitas: 1) sua massa se mantivesse constante ou 2) sua densidade se mantivesse constante.

Entretanto, caso a primeira condição seja a correta, ao ficar de pé em tamanho de formiga, o super-herói destruiria tudo, pois a pressão que ele exerceria sobre o solo seria extremamente grande. No próprio filme é possível descartar essa hipótese, pois, para se locomover mais rápido, ele viaja em cima de insetos voadores. Logo, se sua massa se mantivesse constante, isso não seria possível. Apesar de descartarmos a primeira condição, a segunda também é falha, pois não explica o que aconteceria com a massa perdida, violando assim o princípio da conservação – mais conhecido como Lei de Lavoisier. Sendo assim, quando pensamos nas etapas do método científico, ambas as condições estariam limitadas à categoria de hipótese, não podendo evoluir para o passo seguinte: tornar-se uma teoria ou tese.

Figura 10: Homem Formiga voando sobre um inseto



Fonte: Elaboração própria a partir de cena do filme *O Homem Formiga e a Vespa* (REED, 2018), 2018.

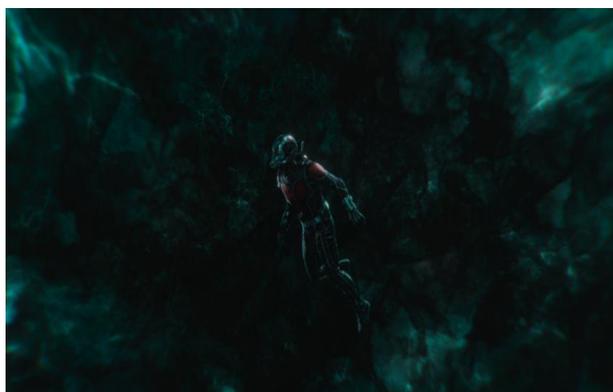
I. Física Quântica

A Física Quântica é a teoria que descreve os sistemas físicos cujas dimensões são próximas ou abaixo da escala atômica, tais como moléculas, átomos, elétrons, prótons e outras partículas subatômicas. Assim como acontece na Teoria da Relatividade, pode ser estendida para descrever fenômenos macroscópicos (FEYNMAN *et al.*, 1963). No filme, o cientista Hank Pym conhece os perigos de entrar no mundo quântico, pois sua esposa, para impedir um ataque aéreo com um míssil, precisou encolher a uma escala subatômica e acabou se perdendo no mundo quântico onde, segundo Hank, a realidade é diferente e as noções de tempo e espaço se tornam irrelevantes.

O vilão do primeiro filme, Darren Cross, foi pupilo do cientista Hank Pym e conseguiu copiar sua tecnologia, criando um traje ainda mais elaborado do que o utilizado pelo Homem Formiga, já que seu traje possui armas. Para vencê-lo, Scott Lang precisa encolher-se a nível subatômico e destruir o traje do

vilão. Assim, ele entra no mundo quântico. Entretanto, diferente da Vespa, o herói consegue retornar de lá, e esta é a principal motivação do segundo filme: retornar ao mundo quântico para tentar salvar a esposa de Hank.

Figura 11: Homem Formiga perdido no mundo quântico



Fonte: Elaboração própria a partir de cena do filme *O Homem Formiga*, (REED, 2015), 2015.

O fato de o Homem Formiga entrar no mundo quântico significa que ele encolheu até o limite da matéria – ou seja, diminuiu até a escala de Planck, que é o limite subatômico. Para se ter noção das dimensões do núcleo atômico, se um átomo tivesse um diâmetro equivalente ao Estádio do Maracanã, o núcleo atômico seria equivalente a uma ervilha em seu centro. Entretanto, o átomo é muito menor do que um estádio e, portanto, seu núcleo é ainda menor. Com isso, pode-se ter uma noção das dimensões do Homem Formiga quando ele diminui seu tamanho a nível quântico.

A constante de Planck, representada pela letra h , é uma das constantes fundamentais da Física (TOMAN; FISCHER; ELSTER, 2012), devido à sua ampla utilização para descrever diversos fenômenos. Essa constante tem seu papel na descrição de fenômenos da Mecânica Quântica e seu valor é bastante pequeno, sendo aproximadamente:

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} Js$$

Portanto, no mundo quântico em que o Homem Formiga adentra, as leis da Física a que estamos habituados não fazem mais sentido. A constante de Planck dá uma noção da quantidade de participação dos efeitos quânticos e, uma vez que ele para de se diminuir, significa que ele chegou a esse limite, já que as noções de tamanho não fazem mais sentido e não existem comprimentos menores que esse.

2. Princípio da Incerteza

O Princípio da Incerteza de Heisenberg é um enunciado da Mecânica Quântica que estabelece limites na precisão com que certos pares de propriedades de uma dada partícula – como a posição e a velocidade – podem ser conhecidos. Isso significa que quanto mais precisamente conhecemos o valor de

uma dessas grandezas, menos precisamente conhecemos o valor da outra (HEISENBERG, 1985). Heisenberg demonstrou que o par de propriedades posição (x) e velocidade linear (v) de uma partícula de massa (m) tem seus valores estimados em dado instante, com incertezas mínimas que obedecem à seguinte relação (TORRES et al., 2013):

$$\Delta x \cdot \Delta v \approx \frac{h}{2m}$$

Figura 12: Homem Formiga na tentativa de se deslocar no mundo quântico



Fonte: Elaboração própria a partir de cena do filme I (REED, 2018), 2018.

No filme, quando o Homem Formiga e a Vespa entram no mundo quântico, eles ficam completamente perdidos e é praticamente impossível obter a localização para resgatá-los. Os heróis, quando se encontram em dimensões quânticas, passam a obedecer às leis que regem o movimento das subpartículas (elétrons, prótons, nêutrons etc.). Portanto, da mesma forma que não é possível localizar precisamente um elétron em específico, por exemplo, não é possível localizar o Homem Formiga e a Vespa, já que toda a Física Quântica é baseada no Princípio da Incerteza.

3. Ondas eletromagnéticas

O Eletromagnetismo estuda a eletricidade e o magnetismo como um fenômeno único, obedecendo às Equações de Maxwell. A junção dos campos elétrico e magnético, quando oscilando em fase, gera um campo eletromagnético (TIPLER; MOSCA, 2006). No filme, Hank explica que, através do eletromagnetismo, ele conseguiu influenciar o olfato e o sistema nervoso das formigas e, com isso, comandá-las. Apesar de parecer uma tecnologia completamente improvável, existem pesquisas sobre como os campos magnéticos interferem no comportamento das formigas (PEREIRA, 2017). Então, quem sabe se um dia será possível enviar sinais eletromagnéticos que influenciam o comportamento das formigas?

Figura 13: Homem Formiga treinando o controle das formigas



Fonte: Elaboração própria a partir de cena do filme *O Homem Formiga* (REED, 2015), 2015.

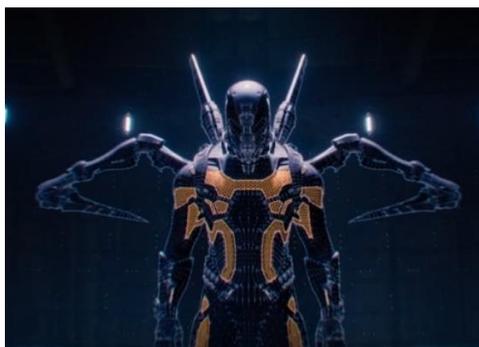
Você já imaginou como as formigas conseguem seguir o que parecem ser “trilhas invisíveis” que levam ao alimento? As formigas se comunicam através do olfato e da audição – os chamados feromônios, que são “substâncias secretadas por um indivíduo e recebidas por um segundo, provocando uma reação específica ou um processo de desenvolvimento fisiológico específico” (CERUTI, 2007, p. 74). Essas substâncias são comuns em insetos sociais, como abelhas e formigas.

Quando uma fonte de alimento é abundante, as formigas depositam feromônio tanto na ida quanto na volta de suas viagens, intensificando a trilha e atraindo mais formigas. E quando a fonte de alimento está para acabar, as formigas param de adicionar feromônio na viagem de volta, fazendo com que a trilha desapareça (JACKSON; RATNIEKS, 2006). Uma formiga esmagada também liberará uma descarga de feromônios que alerta as formigas próximas do perigo — e isso pode incitá-las a enxamear e picar (VANDER MEER et al., 2019).

4. Questões sociocientíficas

O trabalho com QSC vem sendo amplamente recomendado em pesquisas do Ensino de Ciências (SOUSA; GEHLEN, 2017). Para Martínez Pérez e Carvalho (2012, p. 729), a abordagem de QSC em sala de aula serve “como uma forma de tratar, na prática dos professores, temas como natureza da ciência e da tecnologia, raciocínio ético-moral, reconstrução sociocrítica, ação responsável e sustentabilidade”. Em *O Homem Formiga* (REED, 2015), Hank Pym tenta evitar que Darren Cross – o vilão do filme –, seu pupilo, recrie sua tecnologia e a venda para fins bélicos.

Figura 14: Traje Jaqueta Amarela



Fonte: Elaboração própria a partir de cenas do filme *O Homem Formiga* (REED, 2015), 2015.

Na campanha de divulgação da Jaqueta Amarela, traje desenvolvido por Darren Cross, seu *slogan* é “vigilância, sabotagem industrial e eliminação de obstáculos no caminho para alcançar a paz” (REED, 2015, 12:50 min), o que revela a real intenção para sua comercialização. Na cena em que o traje é apresentado, um dos colaboradores da empresa levanta a preocupação de quem irá usar essa tecnologia e com qual finalidade. Ainda nessa mesma cena, um representante do grupo HIDRA (grupo terrorista do Universo Marvel) está na mesma reunião com a intenção de adquirir lotes do traje. Isso pode permitir uma abordagem, pautada em História e Filosofia da Ciência, sobre a não neutralidade da ciência, defendida por Thomas Kuhn (1971).

Considerações finais

O uso de filmes como metodologia vem se mostrando um meio bastante eficaz no Ensino de Física. A ficção científica apresenta-se como um caminho possível para trazer novas descobertas científicas para a sociedade, pois é capaz de ilustrar de forma lúdica como determinados fenômenos ocorrem. Além disso, “[...] a ficção científica pode ser mais esclarecedora que a Ciência se for utilizada como ponto de partida para uma proposta metodológica no ensino de Ciências, devendo-se inserir o filme na exploração inicial dos conceitos a serem desenvolvidos em sala de aula” (GOMES-MALUF; SOUZA, 2008, p. 271). Aliado a isso, avanços na tecnologia fazem com que os conhecimentos sejam difundidos de maneiras diversas e por meio de recursos cada vez mais sofisticados. De acordo com Pires (2010, p. 283):

Em uma sociedade mediatizada, deparamo-nos não apenas com diferentes ‘saberes’, mas com múltiplas formas de mediação e difusão desses saberes. Consequentemente, são modificados os modos de aprender relativos a esses saberes. Vale ressaltar que, no atual momento civilizatório, a tecnologia não agrega somente novos artefatos e novos modos de fazer, introduz também outra dinâmica em que o tempo e o espaço são reelaborados, produzindo novas formas de relacionamento entre as pessoas.

Apesar das potencialidades desses novos recursos, permanecem algumas barreiras para serem considerados uma fonte de conhecimentos. De acordo com Silva (2017), a forma pela qual os

conhecimentos advindos da cultura, no geral, se manifestam na vida dos estudantes não pode ser simplesmente ignorada pela comunidade escolar. É preciso admitir que os filmes são capazes de produzir conhecimentos significativos para a formação discente, especialmente quando tratam de temas abstratos, como é o caso da FMC.

Os filmes usados como estratégia de ensino, no presente trabalho, mostram-se como importantes ferramentas a serem utilizadas nas salas de aula, pois tratam de um tema bastante complexo da Física: a Física Quântica. O uso desses filmes como recurso didático pode contribuir para a formação dos estudantes, pois eles podem visualizar os fenômenos de forma lúdica e contextualizada. Além disso, os filmes não se limitam a discussões estritamente científicas, no sentido conceitual, mas também abordam QSC, que se assemelham à realidade do contexto tecnológico em que nossa sociedade está inserida – uso de armas, questões socioambientais etc.

Geralmente, os conteúdos de Física são apresentados por meio da linguagem matemática. Entretanto, limitar o processo de ensino e aprendizagem a esse tipo de discussão vai contra os princípios de qualquer ciência: a investigação. Esse modelo de educação, pautado em um ensino tradicional e, muitas vezes, feito de forma completamente expositiva, serve como uma barreira que impede os alunos de fazerem as relações necessárias ao processo de percepção dos fenômenos físicos em seus cotidianos. Nesse sentido, Bonfim e Nascimento (2018, p. 140) destacam que:

Em pleno século XXI, essas dificuldades ainda predominam, e talvez sejam ainda mais preocupantes, pois mesmo com as transformações sociais e tecnológicas, o ensino de Física continua como uma prática conservadora, sem muitas evoluções. Neste sentido, a falta de contextualização de conteúdos, questões interdisciplinares, atividades experimentais, recursos didáticos e metodologias diferenciadas contribuem para a deficiência do ensino de Física, proporcionando um estudo geralmente frustrante para os estudantes e, por conseguinte, interferindo no seu desempenho escolar.

Podemos concluir, portanto, que, por meio do conteúdo apresentado nos filmes do Homem Formiga (REED, 2015; REED, 2018), os professores de Física terão um recurso proveitoso para tratar de assuntos relacionados à Física Quântica, além de outros temas relacionados. Acreditamos que esta proposta possa contribuir para tornar o processo de ensino-aprendizagem mais eficaz. E, nesse sentido, acreditamos também que a escola, como uma instituição que faz parte da vida de todos os membros da sociedade, deva acompanhar os avanços tecnológicos, incorporando-os em seu campo de atuação para garantir uma aprendizagem efetiva.

Referências

ALLAIN, Rhett. The fictional science of science fiction. **Physics World**, v. 32, n. 11, p. 49, 2019. Disponível em: <https://physicsworld.com/a/the-fictional-science-of%E2%80%AFscience-fiction/>. Acesso em: 18 abr. 2021.

Olhar de professor, Ponta Grossa, v. 25, p. 1-25, e-20055.037, 2022. Disponível em <<https://revistas2.uepg.br/index.php/olhardeprofessor>>

ARENDDT, H. **A Condição Humana**. Tradução: Roberto Raposo, revisão técnica: Adriano Correia. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2013.

BONFIM, D. D. S.; NASCIMENTO, W. J. Os três momentos pedagógicos no ensino de física: uma revisão sistemática de literatura. **Ensino & Pesquisa**, v. 16, n° 3, 2018. Disponível em: <https://periodicos.unespar.edu.br/index.php/ensinoepesquisa/article/view/2173>. Acesso em: 27 ago. 2020.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Base Nacional Comum Curricular de 2018. Ministério da Educação. Brasil, 2018.

CERUTI, F. C. Interações entre feromônios de insetos e semioquímicos de plantas. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 5, n. 1, p. 73-82, 2007. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/cienciaanimal/article/view/9606/0>. Acesso em: 3 mai. 2021.

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/reveducao/article/view/871>. Acesso em: 30 jun. 2020.

COUTINHO, L. M. **Audiovisuais: arte, técnica e linguagem**. Brasília: Universidade de Brasília, 2006.

FEYNMAN, R. P. *et al.* **Feynman lectures on physics**. Addison-Wesley, 1963.

FRAGA, W. G. **Utilização do cinema como estratégia em ensino de física: relato de caso do filme Interestelar**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

FRANCISCO, E. Ant-man could destroy Superman, says Quantum Physics. **Inverse**, 24 abr. 2017. Disponível em: <https://www.inverse.com/article/32022-ant-man-quantum-physics-dr-spiros-superman-captain-marvel>. Acesso em: 18 dez. 2021.

GHIZONI, H. S. **INTERSTELLAR: OS EFEITOS RELATIVÍSTICOS NA FICÇÃO CIENTÍFICA**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) – Universidade Estadual de Maringá, p. 46, 2016.

GIL, G. Quanta. CD Quanta, **Warner Music**, Manaus, 1997.

GOMES-MALUF, M. C.; SOUZA, A. R. A ficção científica e o ensino de ciências: o imaginário como formador do real e do racional. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 14, n. 2, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/ij/ciedu/a/MT658NsDTcjbwGpP6NgXTJQ/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 28 abr. 2020.

GONÇALVES, A. F.; TOSCANO C. **Física e realidade**. 3a ed. São Paulo: Scipione; 2010.

HEISENBERG, W. Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik. In: **Original Scientific Papers Wissenschaftliche Originalarbeiten**. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 478-504, 1985.

JACKSON, D. E.; RATNIEKS, F. LW. Communication in ants. **Current biology**, v. 16, n. 15, p. R570-R574, 2006. Disponível em: [https://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822\(06\)01834-3](https://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822(06)01834-3). Acesso em: 11 fev. 2021.

- KAKALIOS, J. **The physics of superheroes**. 2 ed. Sheridan: Gotham Books, 2009.
- KUBRICK, S. **2001: Uma Odisseia no Espaço**. Cor, 142 min. Estados Unidos: Warner Bros, 1968.
- KUHN, T. S., **La estructura de las revoluciones científicas**. Cidade do México: Fondo de Cultura Económica, 1971.
- LIMA, M. C. A.; ALMEIDA, M. J. P. Articulação de textos sobre nanociência e nanotecnologia para a formação inicial de professores de física. **Revista brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 4, p. 4401, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/95TthYQ6fj8krHymHj4yD7J/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 4 jun. 2020.
- MACHADO, A. **Pré-cinemas e pós-cinemas**. Campinas: Papyrus Editora, 2002.
- MARTÍNEZ PÉREZ, L. F.; CARVALHO, W. L. P. Contribuições e dificuldades da abordagem de questões sociocientíficas na prática de professores de ciências. **Educação e Pesquisa**, v. 38, n. 3, p. 727-741, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ep/a/brk5yyk6PGHMmGprtWpDGft/?lang=pt>. Acesso em: 18 jan. 2021.
- MÉLIÈS, M. G. J. (dir.). **Viagem à Lua**. p&b, 14 min. França: Star Film, 1902.
- MORAIS, V. D. **O uso de filmes cinematográficos no Ensino de Física: uma proposta metodológica**. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Educação e Meio Ambiente, Rondônia, 2015.
- MOREIRA, M. A. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. **Revista do professor de física**, v. 1, n. 1, 2017. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/7074>. Acesso em: 12 set. 2020.
- MOURA, F. A.; VIANNA, P. O. O Ensino de Física Moderna baseado no filme Interestelar: Abordagem didática para a aprendizagem significativa. **Research, Society And Development**, v. 8, n. 3, p. 14, 2019. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/5606/560662194015/html/>. Acesso em: 8 jul. 2021.
- NAPOLITANO, M. **Como usar o cinema em sala de aula**. São Paulo: Editora Contexto, 2003.
- NOLAN, C. E. **Interestelar**. Cor, 169 min. Estados Unidos: Warner Bros, 2014.
- OLIVEIRA, B. J. Cinema e imaginário científico. **História, Ciências, Saúde - Manguinhos**, v. 13, p. 133-150, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hcsm/a/sj4GXXK3M9Xhn7TsgPFZpzsJ/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 12 set. 2020.
- 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: 30 set. 2020.
- OSBORNE, J. Towards a more social pedagogy in science education: the role of argumentation. **Revista Brasileira de pesquisa em educação em Ciências**, v. 7, n. 1, 2007. Disponível em: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-893X2009000200009&script=sci_abstract&tlng=en. Acesso em 25 out. 2020.

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, 2000. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/600>. Acesso em: 12 set. 2020.

PASSOS, C. M. B. **Novos projetos pedagógicos para formação de professores: registros de um percurso**. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Educação), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

PEREIRA, M. C. **Efeito do campo magnético alterado sobre o comportamento de formigas**. Tese de doutorado. Universidade Federal da Grande Dourados, Mato Grosso do Sul, 2017.

PIASSI, L. P. Clássicos do cinema nas aulas de ciências - A física em 2001: uma odisséia no espaço. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 19, n. 3, p. 517-534, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/c5JLYk9SrmtBBjBh9mSJ7Zm/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 20 mai. 2020.

PIRES, E. G. A experiência audiovisual nos espaços educativos: possíveis interseções entre educação e comunicação. **Educação e pesquisa**, v. 36, n. 1, p. 281-295, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ep/a/w7hTMM4d6gsYgDRtjscDNVp/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 13 nov. 2020.

REED, P. T. (dir.). **Homem Formiga e a Vespa**. Cor, 118 min. Estados Unidos: Disney/Buena Vista, 2018.

REED, P. T. (dir.). **Homem Formiga**. Cor, 117 min. Estados Unidos: Disney/Buena Vista, 2015.

REIS, J. C.; GUERRA, A.; BRAGA, M.: Ciência e arte: relações improváveis? **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, v. 13, (suplemento), p. 71-87, out. 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hcsm/a/5BmmbQZ7hCm8Bxj36tyK4bd/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 3 jul. 2020.

SADLER, T. D; ZEIDLER, D. L. The morality of sócio-scientific issues construal and resolution of genetic engineering dilemmas. **Science Education**, v.88, n.1, 2004. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.10101>. Acesso: 4 dez. 2020.

SAGAN, C. **Cosmos**. Barcelona: Edicions Universitat Barcelona, 2006.

SBF. **A Física no Brasil na Próxima Década**. São Paulo, Sociedade Brasileira de Física, Instituto de Física da USP, 1990. pt. ilustr.

SILVA, T. T. **Documentos de identidade: uma introdução às teorias do currículo**. Belo Horizonte: Autêntica, 2017.

SIQUEIRA, D. C. O. O cientista na animação televisiva: discurso, poder e representações sociais. **Em questão**, v. 12, n. 1, 2006. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/EmQuestao/article/view/14>. Acesso em: 9 JAN 2021.

SOUSA, P. S.; GEHLEN, S. T. Questões Sociocientíficas no Ensino de Ciências: algumas características das pesquisas brasileiras. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 19, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/ensaio/article/view/9939>. Acesso em: 13 nov. 2020.

STANTON, A. (dir.). **Wall-E**. Cor, 97 min. Estados Unidos: Disney, 2008.

SUPPIA, A. L. P. O. A divulgação científica contida nos filmes de ficção. **Ciência e Cultura**, v. 58, n. 1, p. 56-58, 2006. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252006000100024. Acesso em 8 dez. 2020.

TAKATA, R. Ficção científica ajuda no ensino de ciência, desde que haja tempo adequado, infraestrutura e articulação curricular. **Com Ciência**, dossiê 190, jul. 2017. Disponível em: <https://www.comciencia.br/ficcao-cientifica-ajuda-ensino-de-ciencia-desde-que-haja-tempo-adequado-infraestrutura-e-articulacao-curricular/>. Acesso em: 13 out. 2020.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros**. Vol. 2, 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

TOMAN, B.; FISCHER, J.; ELSTER, C. Alternative analyses of measurements of the Planck constant. **Metrologia**, v. 49, n. 4, p. 567, 2012. Disponível em: <https://www.nist.gov/publications/alternative-analyses-measurements-planck-constant>. Acesso em: 4 dez. 2020.

TONELLO, L. P.; GÜLLICH, R. I. C. O Uso do Filme Comercial Interestelar como Alternativa para Abordar e Integrar Temáticas de Ciência, Tecnologia, Sociedade, Ambiente e Saúde. *In*: GÜLLICH, R. I. C.; GÜNZEL, R. E. **Aprendendo Ciências: ensino e extensão**. Bagé (RS): Faith, 2018, p. 48-56.

TORRES, C. M. A.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T.; PENTEADO, P. C. M. **Física: Ciência e Tecnologia**. Volume 2. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2013.

VANDER MEER, R. K.; BREED, M. D.; ESPELIE, K. E.; WINSTON, M. L. **Pheromone communication in social insects: ants, wasps, bees, and termites**. CRC Press, 2019.

VIDAL, D. G. Cinema, laboratórios, ciências físicas e escola nova. **Cadernos de Pesquisa**, n. 89, p. 24-28, 2013. Disponível em: <http://publicacoes.fcc.org.br/index.php/cp/article/view/900>. Acesso em: 29 set. 2020.

XAVIER, C. H. G.; PASSOS, C. M. B.; FREIRE, P. T. C.; COELHOS, A. A. O uso do Cinema para o ensino de física no ensino médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, Mato Grosso, MT, V5(2), pp. 93-106, 2010. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID1111/v5_n2_a2010.pdf. Acesso em: 10 MAI 2021.

XAVIER, I. **A experiência do cinema**. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 2018.

ZANETIC, J. Física e Arte: uma ponte entre duas culturas. **Pro-Posições**, Campinas, SP, v. 17, n. 1, p. 39-57, 2016. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/proposic/article/view/8643654>. Acesso em: 21 abr. 2021.

Recebido em: 11 de fevereiro de 2022.

Versão corrigida recebida em: 18 de junho de 2022.

Aceito em: 18 de junho de 2022.

Publicado online em: 20 de agosto de 2022.

