

# O uso do super-herói

# Thor

## como tema potencializador para o ensino e divulgação em física



Alessandro de Souza Mourato<sup>1,2,#</sup>

Gabriel Victor Ribeiro<sup>1</sup>

João Batista Junior<sup>1</sup>

Fernanda Keila Marinho da Silva<sup>1</sup>

Tersio Guilherme de Souza Cruz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, SP, Brasil.

<sup>2</sup>Ilum Escola de Ciência, Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais, Campinas, SP, Brasil.

### RESUMO

Neste artigo, propomos um projeto de trabalho didático-pedagógico que busca atender às preocupações tanto da divulgação científica quanto do ensino de física. Com base nesse contexto, trabalham-se filmes de grande sucesso para estudar tópicos de física. Para tal proposta, temos como objetivo fazer com que o não cientista, seja ele estudante ou da sociedade como um todo, possa ver a ciência de maneira lúdica, dentro de uma arte, e, principalmente, em algo que já é de seu interesse. Mais especificamente e de forma mais abrangente, a cultura pop através de filmes da Marvel. No caso deste trabalho, propomos o estudo de conceitos clássicos do eletromagnetismo, da mecânica e da física moderna e contemporânea por meio do super-herói Thor, o deus do trovão. No entanto, diferentemente de outros trabalhos, este tem como linha norteadora a aplicação da física para explicar os poderes desse super-herói, partindo do pressuposto de que ele exista, ou seja, com a ciência não sendo um limitante de seus poderes, mas, sim, utilizando-a para entendê-los e, por vezes, discutir maneiras de ampliá-los, almejando, assim, um interesse por parte do não cientista de compreender conceitualmente a física por trás destes poderes e suas possíveis implicações.

**Palavras-chave:** Thor; eletromagnetismo; Marvel; ensino de física



### 1. Introdução

Este artigo apresenta uma proposta de trabalho didático-pedagógico que aproxima preocupações inerentes à divulgação científica e ao ensino. Para isso, uma breve discussão sobre a divulgação científica é abordada e, na sequência, apresenta-se o vínculo possível entre o ensino a partir do uso de filmes.

O ensino de física se constitui em um dos mais complexos processos que ocorrem durante a escolarização. Focalizando o ensino de eletromagnetismo, a literatura na área apresenta uma série de estudos acerca do tema. Tais investigações revelam que há vários aspectos que dificultam que o estudante se desenvolva na escola [1]. Por exemplo, destacam-se a falta de conhecimentos básicos dos estudantes e as suas dificuldades com a matemática [2], além de considerável grau de abstração requerido, que, por vezes, os discentes não têm [3]. Por isso, quando eles precisam resolver um problema, têm, em geral, mais dificuldade em compreender e estabelecer relações conceituais com as leis e teorias do que propriamente em aplicar as fórmulas [4].

Alguns pesquisadores alertam que as dificuldades enfrentadas pelos estudantes poderiam ser minimizadas empregando-se metodologias diversificadas. Nessa linha, três metodologias são comumente sugeridas aos professores: uso de atividades lúdicas, aulas gamificadas e adoção do ensino transdisciplinar e híbrido [5]. Acreditamos que, além dessas metodologias propostas, há

outras que poderiam ser trabalhadas em conjunto na tentativa de ampliar a aprendizagem dos alunos, como as simulações e, em especial, aquelas que exploram a cultura *geek*.

Dentro desta perspectiva, o objetivo deste artigo é apresentar uma proposta didática para o ensino de eletromagnetismo por meio do universo Marvel. Além da aplicação didática, será discutido como a divulgação científica a partir de tal abordagem pode colaborar no entendimento dessa área do conhecimento.

#### 1.1. Aproximando a divulgação científica e o ensino de física

A definição de divulgação científica é uma tarefa complicada, pois este termo encontra-se associado a diversos textos e publicações para diferentes públicos. O modo de divulgar a ciência mudou consideravelmente ao longo dos anos, uma vez que, em um primeiro momento, por volta do século XVII, não havia uma distinção muito clara entre a figura do profissional cientista (logo, da pesquisa científica) e a figura de quem promovia o entretenimento. Entretanto, a divulgação da ciência ocorreria tendo como base um caráter itinerante através de palestras e apresentações realizadas ao redor do mundo [6].

Ainda no mesmo século, começaram as publicações de livros e obras destinadas ao público leigo e, salvo as devidas diferenças temporais, condições, acesso etc., ainda são realizadas até hoje. Por exemplo, basta recordar da produção de livros de cientistas fa-

Alguns pesquisadores alertam que as dificuldades enfrentadas pelos estudantes na compreensão da física poderiam ser minimizadas empregando-se metodologias diversificadas

#Autor de correspondência. E-mail: alessandro.sm22@gmail.com.

mosos como Stephen Hawking e Richard Dawkins, ou mesmo produções audiovisuais, como é o caso da adaptação do livro *Cosmos*, por Carl Sagan, e, por fim e mais recentemente, canais no/do YouTube tanto nacionais, como Space Today<sup>1</sup>, Ciência Todo Dia<sup>2</sup> e Nerdogia<sup>3</sup>, quanto internacionais, como Kurzgesagt<sup>4</sup>, que conta com mais de 14 milhões de inscritos do mundo todo [6].

À medida que ela foi se profissionalizando e ganhando uma maior autonomia, a ciência, por meio de suas comunidades científicas, passou a disseminar um conteúdo cada vez mais específico e profissional, com estruturas próprias e locais de publicações mais bem definidos, delimitando não somente quem é responsável por produzir e compartilhar conhecimento científico, mas também quem o consome. Cria-se, dessa forma, uma relação complexa de uma ciência que é compreendida como uma criação social, mas que, ao mesmo tempo, se afasta e se isola da sociedade através de uma oposição entre cientista e não cientista, fazendo com que a ciência sirva à sociedade e que esta, por sua vez, seja colocada como uma instância de julgamento da atividade científica [6, 7].

Esta cisão observada entre ciência e sociedade é similar ao que Snow define como “duas culturas”: as humanidades – compreendidas aqui por literatos e artes – e as ciências naturais [8]. Logo, realizar métodos para aproximar as duas culturas significaria diminuir a incompreensão presente entre elas, possibilitando, ainda, que a ciência seja útil para a arte, assim como a arte para a ciência.

Almejando construir uma “ponte” entre as duas culturas referidas, é possível indicar ricas ligações entre a física e os elementos da arte, como a literatura, a música, o teatro, o cinema e as artes plásticas, como bem indicou Zanetic [9]. Entendemos que, assim como a construção de uma ponte entre humanidades e ciência nos conduz ao enriquecimento intelectual e criativo, também é necessária a divulgação científica para que se estabeleça uma ligação entre tais culturas e a sociedade.

No contexto escolar, a introdução

da literatura e do cinema pode ser utilizada para desenvolver no aluno a noção de que o conteúdo (científico) não está limitado à sala de aula, mas está

em todos os tipos de manifestações artísticas, uma vez que ambos estão suscetíveis à influência do que ocorre no mundo no momento de sua concretização. Quando há oportunidade de estabelecer relação entre ciência e arte, é favorecido aos alunos um momento de aprendizagem “acabando com os dois

analfabetismos: o literário e o científico” [9].

Trabalhando com o cinema, é necessário que, na escolha de um filme ou de cenas para serem utilizados em sala de aula, se discuta o momento do curso em que ele será introduzido e, principalmente, que o filme de ficção não tem o compromisso de espelhar a realidade. No entanto, podem ser encontrados em diversas dessas obras dados da realidade que são interpretados pelos realizadores dos filmes. Essa discussão é importante, pois, conforme denotam Cunha e Giordan, ela mostra a intencionalidade em todo tipo de obra [10].

Torna-se interessante destacar aqui o estudo de caso realizado por Lima e Giordan [11], no qual se verificam os propósitos e os meios utilizados da divulgação científica no planejamento de ensino de ciências, pois entendemos que a divulgação científica pode estar diretamente ligada ao uso de obras artísticas para cumprir seu papel. No entanto, os autores temem que a utilização dessas obras com um propósito explicativo possa levar a erros conceituais devido às suas particularidades e à licença poética presentes em eventos científicos lá ocorridos.

Essa visão sobre a utilização de cultura por meio de explicação dentro do ensino de ciências provavelmente faz com que trabalhos destaquem as limita-

ções da arte em si por conta da presença de conceitos científicos que acabam não sendo observados e/ou explicados devidamente. Por exemplo, a inviabilidade da existência de super-heróis pela ciência [12-14].

Tal preocupação também pode ser diminuída em razão da interação da obra artística com o debate em sala de aula. Sabe-se que a compreensão do estudante sobre a divulgação científica é diferente da do professor [11] e, mesmo que a utilização da ficção científica de maneira livre possa gerar obstáculos epistemológicos, um docente bem capacitado pode lidar com os erros conceituais de uma obra de ficção em sala de aula, explicando e debatendo o assunto com seus alunos [9].

Se tomarmos como exemplos os filmes de ficção científica, a utilização dos mesmos, em geral, envolve discussões acerca das razões das impossibilidades de ocorrência de determinados fenômenos. Em nossa visão, em vez do “por que isso não poderia acontecer”, a questão pode ser: “caso isso ocorresse, como poderíamos explicá-lo cientificamente?”.

Assim, o objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta didática para o ensino de eletromagnetismo a partir

do universo Marvel, de modo a proporcionar discussões relacionadas ao ensino da física para o Ensino Médio por meio do cinema, mais especificamente e de maneira mais abrangente a cultura *pop*, através de filmes da Marvel.

Tanto no contexto escolar quanto no contexto de divulgação direcionada à população como um todo, a esco-

lha de filmes da Marvel sugere uma boa possibilidade de alcançar o público, escolar ou não, devido à difusão, de um modo geral, da marca na indústria cinematográfica e cultural.

## 2. Marvel, Thor e a potencialidade de ensinar física

A Marvel Entertainment Inc. é uma subsidiária integral da Walt Disney Company [15]. Ela é muito conhecida pelos seus personagens de quadrinhos, como Homem de Ferro, Homem-Aranha, X-Men e outros. O potencial

**Entendemos que, assim como a construção de uma ponte entre humanidades e ciência nos conduz ao enriquecimento intelectual e criativo, também é necessária a divulgação científica para que se estabeleça uma ligação entre tais culturas e a sociedade**

**Se tomarmos como exemplos os filmes de ficção científica, a utilização dos mesmos, em geral, envolve discussões acerca das razões da impossibilidade de ocorrência de determinados fenômenos. Em nossa visão, em vez do “por que isso não poderia acontecer”, a questão pode ser: “caso isso ocorresse, como poderíamos explicá-lo cientificamente?”**

desses personagens fez a Disney se interessar pela marca, comprando-a em 2009. Nesse tempo, a Marvel já havia lançado dois filmes em 2008: *Homem de Ferro*, que arrecadou ao redor do mundo US\$ 585.2 milhões, e *O Incrível Hulk*, com bilheteria de US\$ 263.4 milhões [16, 17].

Tais filmes foram o início de um sucesso cinematográfico da empresa, o princípio da construção do que hoje é conhecido como Marvel Cinematic Universe (MCU).

Dentro desse universo, já foram lançados mais de 20 filmes, que foram grandes sucessos de bilheteria: arrecadaram, juntos, um total de US\$ 22.588 bilhões ao redor do mundo [17]. Isso torna a Marvel a franquia de filmes mais lucrativa de todos os tempos [18].

Entre tantos personagens e filmes lançados, um personagem é o foco deste trabalho: Thor, representado por Chris Hemsworth, tem três filmes próprios lançados. O primeiro filme, lançado em 2011 e intitulado *Thor*, já alcançou uma bilheteria de US\$ 449.3 milhões; sua sequência, *Thor: O Mundo Sombrio*, de 2013, alcançou a marca de US\$ 644.6 milhões; e seu último filme lançado, *Thor: Ragnarok*, de 2017, atingiu uma receita de US\$ 854 milhões [17]. Já existe um quarto filme do personagem, intitulado *Thor: Amor e Trovão*, lançado em julho de 2022 [19].

Thor é um personagem da Marvel inspirado no deus nórdico de mesmo nome. Nesse universo, Thor Odinson é o príncipe de Asgard e, assim como todos de sua raça, os asgardianos, tem força, resistência, energia e expectativa de vida sobre-humanas. Contudo, esse personagem é conhecido principalmente por controlar as forças da tempestade, diferenciando-o como filho de Odin, o pai de todos. Devido a esse po-

der, ele foi conhecido como o deus do trovão na Terra, principalmente no norte da Europa [20].

Além dos três filmes solos, com um quarto já com data de lançamento (conforme descrito anteriormente), o personagem aparece nos filmes do grupo Os Vingadores [20]. O recorte deste trabalho envolve o destaque e o aprofundamento dos poderes deste personagem, considerando todos os filmes em que ele aparece.

A descrição e a explicação acerca dos poderes e das habilidades do personagem são encontradas no site oficial da Marvel. Alguns desses poderes estão destacadas na Tabela 1.

A Bifrost citada no último de seus poderes está diretamente ligada à mitologia do personagem. Nesse universo, há nove reinos, sendo um deles a Terra, chamado Midgard, e outro, Asgard, de onde vem Thor. A Bifrost, ou Ponte do Arco-íris, é uma ponte interdimensional que liga os nove reinos e transporta pessoas ou objetos por meio de um feixe de luz [21].

Faz sentido utilizar um personagem da Marvel, pois, como defendido anteriormente, ele faz parte da franquia de filmes mais lucrativa da história, o que faz com que diversos alunos ou participantes de uma palestra já o conheçam ou tenham visto os filmes em que ele aparece.

É evidente que as habilidades destacadas são descritas dentro do fantástico universo das histórias em quadrinhos e caberia à ciência refutar cada um dos poderes identifica-

dos (e, certamente, outros atributos e pressupostos existentes). No entanto, em um caminho diferente, a opção tomada na condução deste trabalho envolveu nos questionarmos: como a ciência poderia explicar os poderes de Thor, caso ele existisse? A ideia é partir do personagem e de seu contexto com o objetivo de exercitar a compreensão de fenômenos científicos.

A próxima seção do artigo pretende explorar justamente os poderes de Thor e, junto a isso, ilustrar o quão potente pode ser a discussão de fenômenos e conceitos da área de eletromagnetismo com base nessa exploração. Inclusive, isso já vem sendo realizado na comunidade científica em trabalhos como [22].

Partir da ciência com objetivo de ajudar a compreender fenômenos científicos utilizados na cultura *pop* tem grande potencial de motivar os estudantes a compreender tais fenômenos pois, feito isso, também terão compreendido o(s) poder(es) de um personagem que já faz parte da própria cultura, do próprio gosto e, ainda que esse não seja o principal objeto de estudo deste trabalho, poderá ajudar a promover, por meio da cultura, um maior gosto pela própria ciência.

### 3. Thor: deus do trovão, do martelo ou do eletromagnetismo?

A pergunta que inicia esta seção faz referência ao filme *Thor: Ragnarok* [23], em que, em uma dada oportunidade, a vilã do filme faz o seguinte questionamento: Thor: deus do trovão ou deus do martelo? Adota-se como hipótese para o restante do artigo e para a finalidade educacional aqui defendida que Thor está mais próximo de um deus do eletromagnetismo. Os próximos tópicos objetivam justamente ilustrar as razões em que essa afirmação se baseia, demonstrando e discutindo cada um dos pode-

**Faz sentido utilizar um personagem da Marvel, pois, como defendido anteriormente, ele faz parte da franquia de filmes mais lucrativa da história, o que faz com que diversos alunos ou participantes de uma palestra já o conheçam ou tenham visto os filmes em que ele aparece**

**A pergunta que inicia esta seção faz referência ao filme Thor: Ragnarok [23], em que, em uma dada oportunidade, a vilã do filme faz o seguinte questionamento: Thor: deus do trovão ou deus do martelo?**

Tabela 1: Alguns poderes de Thor.

Invocar o Mjolnir	O poderoso martelo de Thor, Mjolnir, tem capacidade destrutiva e pode ser invocado pela mão de Thor sempre que ele desejar. Mjolnir é um martelo forjado no núcleo de uma estrela.
Voo	Arremessando Mjolnir enquanto segura o martelo, Thor é capaz de voar pelos céus.
Deus do trovão	Como deus do trovão, Thor – utilizando Mjolnir para aproveitar suas habilidades ou mesmo por conta própria – pode invocar trovões e relâmpagos para usar contra seus adversários.
Stormbreaker e Bifrost	Com o Mjolnir sendo destruído, Thor recebe uma nova arma, um machado de nome Stormbreaker. Assim como o Mjolnir, ele o ajuda a aproveitar seus poderes e também pode abrir a Bifrost.

Fonte: Adaptado do site: <https://www.marvel.com/characters/thor-thor-odinson/on-screen> [20].

res para mostrar, nos encaminhamentos finais, como a partir de um personagem fictício, e já do interesse geral, como Thor, é possível discutir conceitos relevantes para a física, baseando-se em seus poderes para abordar conceitos de mecânica, física moderna e contemporânea e, principalmente, eletromagnetismo.

### 3.1. Invocar o Mjolnir

Na história, Thor consegue invocar seu martelo devido a uma magia concedida por Odin, em que somente aquele que for digno de tal poder conseguirá erguer o martelo. Nos filmes, em diferentes cenas, observa-se o personagem invocando tanto o Mjolnir, seu martelo, como o Stormbreaker, seu machado. Em alguns casos, as armas são atraídas para as mãos de seu portador e, em outros, juntamente com o movimento, ocorrem descargas elétricas ao redor de Thor. Como poderíamos explicar essa capacidade? Essa magia poderia ter uma explicação enraizada em fenômenos científicos? Essa pergunta norteia a análise de como esse poder é utilizado.

A explicação sugerida para atribuir um fenômeno científico desse poder é a atração eletromagnética. Para isso, Thor deveria ter um controle fino dos campos eletromagnéticos para, assim, poder gerar um campo entre sua mão e suas armas. No entanto, vale ressaltar que tal campo é tridimensional e afetaria todos os objetos ao seu redor; logo, Thor dependeria da geração de um campo intenso e preciso o suficiente para afetar apenas aquilo que deseja.

### 3.2. Voo

O voo de Thor é uma consequência direta do giro de seu martelo, o que pode ser observado diversas vezes nos filmes. Esse fato faz com que sua explicação científica deva levar em conta o que é o Mjolnir e como Thor o utiliza para poder alçar voo.

Para isso, Thor coloca o Mjolnir em rotação, como mostrado na Fig. 1, por meio da alça do martelo e, então, em um determinado momento, sai pela tangente, voando com sua arma. No caso de soltar o martelo, após o movimento de rotação, não há dúvida de que a arma sairia pela tangente e voaria. Entretanto, como Thor consegue voar com o martelo?

O Mjolnir, como mostrado no primeiro filme, *Thor* [24], é um martelo forjado no núcleo de uma estrela, além de possuir uma magia concedida por Odin, a qual garante que apenas aque-

les dignos do poder de Thor podem levá-lo. Tal magia pode ser exatamente aquilo que explica o voo.

A consideração a ser feita é que, se o martelo atingir momento linear o suficiente para superar o peso do conjunto do martelo e de Thor juntos, o voo pode ser possível. Aqui, as características do Mjolnir podem ser válidas para explicar alguns pontos. Se a magia colocada por Odin for compreendida como uma capacidade do martelo de alterar a própria massa, a depender do quão “digno” é quem o possui e supondo ainda que Thor possa ter um controle sobre esses “estados” do martelo, entre leve (relativa à pequena massa) e pesado (massa consideravelmente maior), justificaria-se, assim, o voo, pois a massa do martelo poderia ser bastante pesada (enquanto é girado) e, em seguida, mudada para leve, a ponto de todo o seu momento adquirido na rotação ser transferido para Thor, fazendo com que ele, por sua vez, ganhe velocidade em razão da condição de conservação de momento, descrita pela Eq. (1):

$$p_i + p_{iT} = p_{fM} + p_{fT}, \quad (1)$$

sendo  $p_i$  e  $p_{fM}$ , respectivamente, os momentos lineares inicial e final do martelo e  $p_{iT}$  e  $p_{fT}$ , respectivamente, os momentos inicial e final do Thor. Com o momento linear dado por

$$p = mv. \quad (2)$$

Se esse fosse o caso, considerando a massa de Thor como  $m_T = 100$  kg e uma

rotação do martelo de  $f = 6000$  RPM para um voo com altura de  $h = 1,98$  km, tal como foi feito no filme *Thor: Ragnarok* (2017) para alcançar as “nuvens de tempestade”, o martelo deveria ter uma massa  $m_M = 774$  kg no início da rotação e esta tender a zero durante o voo, respeitando a Eq. (1) [25].

No caso de a magia não ser considerada, Thor ainda poderia soltar a alça do martelo por um breve momento após tê-lo acelerado o suficiente e, assim que Mjolnir começasse o movimento vertical, agarrá-lo novamente. Dessa maneira, a força exercida no martelo seria zerada por um momento, levando-o a sair pela tangente e, em seguida,

o conjunto martelo +Thor poderia voar de maneira conjunta, desde que o martelo tivesse momento linear suficiente, como mostrado na Fig. 2. No entanto, para tal, o martelo deveria ter uma massa muito grande e Thor deveria ser incrivelmente forte, além de dotado de incrível “explosão”

para ser capaz de colocar o objeto em rotação, soltá-lo e agarrá-lo novamente. Neste caso, a conservação do momento novamente garantiria o movimento.

No entanto, isso geraria uma energia absurda. Considerando desta vez a massa de Thor como  $m_T = 291$  kg e que ele arremessa o martelo cuja massa seja equivalente à de uma manada de “300 bilhões de elefantes da variedade africana” (nove vezes a biomassa da Terra) à  $v = 45$  m/s, pode-se considerar que a massa de Thor não interfere no momento do martelo. Nesse caso, a energia cinética do conjunto Thor+martelo se-

**O voo de Thor é uma consequência direta do giro de seu martelo, o que pode ser observado diversas vezes nos filmes. Esse fato faz com que sua explicação científica deva levar em conta o que é o Mjolnir e como Thor o utiliza para poder alçar voo**



Figura 1 - Thor girando o martelo Mjolnir para se preparar para um voo. Fonte: Imagem retirada do filme [27].



Figura 2 - Ilustração de Thor voando segurando pela alça do martelo, com os indicadores vetoriais da velocidade e da aceleração de gravidade. Fonte: Adaptado do site: <https://www.marvel.com/characters/thor-thor-odin/on-screen> [28].

ria, sozinha, na casa de  $E = 6,88 \times 10^{17}$  J, o que corresponde a um valor três vezes maior que a Tsar Bomba, maior bomba nuclear já utilizada, que liberou o equivalente a 57 megatons de TNT [26].

### 3.3. Deus do trovão

Tal poder deve ser analisado desde seu nome: deus do trovão. “Na linguagem popular, raio é a descarga elétrica; relâmpago é o clarão intenso causado pela descarga e trovão é o barulho que se escuta após a ocorrência do raio.” [29]. Logo, o que Thor invoca (provoca), como pode ser visto na Fig. 3, é a causa (raio), embora a sua alcunha divina se refira mais à consequência (onda sonora devido à expansão do ar aquecido pela descarga). De modo geral, é bom lembrar que, talvez no imaginário nórdico antigo, o trovão, que fazia tremer o solo, fosse considerado mais poderoso do que o próprio raio, além de haver referências relacionando Thor ao controle de tempestades (as quais, evidentemente, incluem raios e trovões) [30].

Esse poder pode ser explicado de maneira similar ao primeiro, “Invocar

o Mjolnir”. O eletromagnetismo é a resposta à forma como Thor consegue invocar raios. Um raio ocorre quando uma nuvem está fortemente carregada com cargas negativas em sua base e estas atraem as cargas positivas do solo. Sendo o ar um isolante, para ocorrer uma descarga, as cargas devem gerar um campo elétrico bastante intenso, superior à sua rigidez dielétrica, a fim de transformá-lo em um condutor. Assim, quando tal fato ocorre, surge um raio.

Inicialmente, as cargas negativas das nuvens descem ao solo (o ar ionizado facilita a condução de corrente), e assim que alcançam certa distância do solo, as cargas positivas do solo são conduzidas para a nuvem formando o chamado canal do raio, gerando o clarão, o relâmpago, e esquentando e expandindo o ar, o que gera o barulho, o trovão [29].

Thor, tendo controle do campo eletromagnético, pode controlar o potencial entre a ponta de sua arma e o local desejado para formar o raio, assim, criando uma descarga direcionada. Podendo ser esta descarga entre sua arma e um inimigo, ou até mesmo entre sua arma e uma nuvem.

### 3.4. Stormbreaker e Bifrost

Nos filmes [24, 31], os personagens Jane Foster (Natalie Portman), Erik Selvig (Stellan Skarsgard) e Darcy (Kat Dennings) são um trio de cientistas que debatem mais de uma vez o que é a Bifrost e dizem ser uma Ponte de Einstein-Rosen, que, como mencionado por Jane, é popularmente conhecida como Buraco de Minhoca.

Esse fenômeno se trata de uma conexão entre áreas do espaço-tempo que podem ser modeladas como soluções de vácuo para as equações de campo de Einstein [32]. No entanto, esse fenômeno seria altamente instável, colapsando tão rápido que nem mesmo a luz conseguiria atravessar [33]. Sendo assim, o poder de Thor de invocar a Bifrost seria algo ainda teórico.

A discussão anterior objetivou suscitar explicações científicas a partir do personagem retratado nos filmes da Marvel. Ou seja, a ideia é de que as explicações partam da condição de existência do super-herói, possibilitando o exercício imaginativo



Figura 3 - Thor invocando um raio a partir de seu martelo. Fonte: Imagem retirada do filme [24].

que é próprio do cinema e da ciência.

Assim, sendo em uma oficina de divulgação, que trate do herói como um todo, de uma única vez, ou em diversas aulas, abordando os poderes um por vez para introduzir ou debater um tema recém-apresentado, é possível trabalhar conceitos de eletromagnetismo por meio de um assunto de possível interesse do aluno, recorrendo a abordagens contextualizadoras, atividades lúdicas e aulas gamificadas [5].

Como mostrado em dois dos poderes de Thor (“Voo” e “Invocar a Bifrost”), nem todos eles são ligados diretamente ao eletromagnetismo, permitindo que o personagem seja estudado nas aulas de mecânica, por exemplo, ao explicar a balística e o movimento circular com o poder de voo, ou, ainda, trabalhar o poder de Invocar a Bifrost para introduzir conceitos de física moderna e contemporânea, apresentando conceitos como espaço-tempo e velocidade da luz, além de mostrar que a ciência não é um campo do conhecimento finalizado, concluído, mas algo orgânico.

## 4. Conclusão

Tendo em vista a discussão apresentada até aqui, nota-se que há um potencial ainda pouco explorado na utilização de filmes de super-heróis para o ensino de ciências, especificamente no

**Pode-se então introduzir ou debater conceitos como eletromagnetismo por meio de um assunto de possível interesse do aluno, recorrendo a abordagens contextualizadoras, atividades lúdicas e aulas gamificadas**

que diz respeito à abordagem com os alunos de como os poderes de um super-herói poderiam ser explicados através das ciências, caso ele existisse na vida real. Assim, após os estudantes já terem adquirido uma fundamentação conceitual da ciência por trás destes poderes, eles poderiam ser capazes de fomentar discussões sobre o que mais aquele super-herói seria capaz de fazer

caso utilizasse de forma mais adequada seus super poderes.

A maneira de trabalhar tais personagens, tanto para a divulgação científica quanto para o ensino de ciências em escolas, tem como base o princípio de aproximar sociedade e ciência, partindo de algo que já possa ser de gosto comum e almejando, com isto, obter também um gosto pela própria ciência. Dessa forma, nota-se que, a partir do personagem Thor, é possível discutir conceitos relevantes, como o eletromagnetismo, a mecânica e os conceitos de física moderna e contemporânea.

Além de Thor, há diversos outros personagens que podem ser explorados para esse propósito, sendo o presente trabalho apenas um exemplo do que pode ser feito. Personagens como Capitã Marvel, por exemplo, possibilitam explicar conceitos ligados à luz e ao eletromagnetismo; Pantera Negra pode ajudar a explicar como funciona a conservação de energia e as propriedades de materiais; e Homem-Formiga pode trabalhar conceitos como densidade, pressão e escalas de grandeza. Além de conceitos da física, ou de outras ciências exatas, ainda é possível propor uma aborda-

gem inter ou multidisciplinar com outras ciências e trabalhar conceitos de sociologia, filosofia, geografia, história, entre outras, com diversos personagens.

Assim, verifica-se grande potencial nesses filmes para uso escolar ou social na divulgação da física e até mesmo de outras ciências para aproximar a sociedade de conceitos, que, por muitas vezes, se tornam distantes, a partir de algo do interesse geral.

Recebido em: 1 de Fevereiro de 2022

Aceito em: 16 de Fevereiro de 2022

## Referências

- [1] O.H.M. da Silva, C.E. Laburú, R. Nardi, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **25**, 383 (2008).
- [2] K. Cavalcante, *A Importância da Matemática do Ensino Fundamental na Física do Ensino Médio*, disponível em <https://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/a-importancia-matematica-ensino-fundamental-na-fisica-.htm>, acesso em 20/10/2021.
- [3] M.T. Masseto, in: *Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica* (Papirus, Campinas, 2000), p. 133.
- [4] S. da H. Macedo, J.V. de Lima, M.C.V. Biazus, in: *Educação e Tecnologia: Um Percorso Interinstitucional*, organizado por A.S. Carvalho, H.P.P. Bastos, M.L.F.T.T. Leite, R.G. da Costa (Essentia, Campo dos Goytacazes, 2011), p. 247-260.
- [5] E. Ghedin, M.A.S. Franco, *Questões de Método na Construção da Pesquisa em Educação* (Cortez, São Paulo, 2008), v. 1.
- [6] H.C. da Silva, *Ciência & Ensino* **1**, 53 (2006).
- [7] G.M. Massola, J.L. Crochík, B.P. Svartman, *Psicologia USP* **26**, 310 (2015). doi
- [8] C.P. Snow, *As Duas Culturas e Uma Segunda Leitura* (EDUSP, São Paulo, 1995).
- [9] J. Zanetic, *Pro-Posições* **17**, 39 (2016) <https://doi.org/10.1590/S0104-59702006000500004>.
- [10] M.B. da Cunha, M. Giordan, *Química Nova na Escola* **31**, 9 (2009).
- [11] G. da S. Lima, M. Giordan, *Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.* **19**, 1 (2017) <https://doi.org/10.1590/1983-21172017190122..>
- [12] R.R. do Amaral, A. Lobo, A.J. Barboza, A.B. Oliveira, C. Glasner, M. Dias, *Cadernos de Estudos e Pesquisa na Educação Básica* **2**, 3 (2016).
- [13] L.M. de Oliveira, K.A.A. Ferreira, *Revista Ciências & Ideias* **9**, 169 (2019). doi
- [14] D.J. Ribeiro, *A Iniciativa Vingadores: Como Alunos do Ensino Médio e Recém Egressos Relacionam Conceitos de Física com os Filmes da Marvel*. TCC de Graduação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016.
- [15] Marvel. *Marvel Corporate Information*. Disponível em <https://www.marvel.com/corporate/about>, acesso em 27/03/2021.
- [16] J. Calandro, *Strategy & Leadership* **38**, 42 (2010). doi
- [17] T. Bean, *All 24 Marvel Cinematic Universe Films Ranked At The Box Office - Including 'Black Widow'*. Disponível em <https://www.forbes.com/sites/travisbean/2020/04/24/all-23-marvel-cinematic-universe-films-ranked-at-the-box-office-including-black-widow/?sh=415a4428494e>, acesso em 27 mar. 2021.
- [18] The Numbers. *Movie Franchises*. Disponível em <https://www.the-numbers.com/movies/franchises/sort/World>, acesso em 27 mar. 2021.
- [19] Marvel. *Movies*. Disponível em <https://www.marvel.com/movies>, acesso em 27 mar. 2021.
- [20] Marvel, Thor. Disponível em <https://www.marvel.com/characters/thor-thor-odinson/on-screen>, acesso em 10 maio 2021.
- [21] Marvel, Heimdall. Disponível em <https://www.marvel.com/characters/heimdall/on-screen>, acesso em 10 maio 2021.
- [22] A.M. Stuchi, W.L. da Paz, L. dos S. Vaz, F.R.G. Jardim, G.K. Shinomiya, F.A.M. Monteiro, *A Física na Escola* **17**(2), 65 (2019).
- [23] Marvel, Thor: Ragnarok. Direção de Taika Waititi. USA e Austrália: Walt Disney Pictures, Marvel Studios, 2017.
- [24] Marvel, Thor. Direção de Kenneth Branagh. USA: Paramount Pictures, Marvel Studios, 2011.
- [25] R. Hodnett, M. Capoccia, E. Morton, D. Potts, S. Shingles, *Physics Special Topics* **18**, 1 (2019).
- [26] K. Hill. *The God of Thunder, and Momentum*. Disponível em <https://blogs.scientificamerican.com/guest-blog/the-god-of-thunder-and-momentum/>, acesso em 18 out. 2021.
- [27] Marvel, Vingadores: Era de Ultron. Direção de Joss Whedon. Usa: Walt Disney Pictures, Marvel Studios, 2015.
- [28] Wallpaper Vortex. *Thor Flying With Hammer*. Disponível em [https://www.wallpapervortex.com/wallpaper-44586\\_comics\\_thor\\_marvel\\_comics\\_thor\\_flying\\_with\\_hammer.html#\\_YR0\\_TnvPxPY](https://www.wallpapervortex.com/wallpaper-44586_comics_thor_marvel_comics_thor_flying_with_hammer.html#_YR0_TnvPxPY), acesso em 18 ago. 2021.
- [29] R.V. de Oliveira, E.A. Veit, *O Raio*. Disponível em <https://ppgenfis.if.ufrgs.br/mef004/20031/Ricardo/oraio.html>, acesso em 06 ago. 2021.
- [30] G. Dumézil, *Gods of the Ancient Northmen* (University Of California Press, Califórnia, 1974).
- [31] Marvel, Thor: O Mundo Sombrio. Direção de Alan Taylor. USA: Walt Disney Pictures, Marvel Studios, 2013.
- [32] A. Einstein, N. Rosen, *Physical Review* **48**, 73 (1935). doi
- [33] R.W. Fuller, J.A. Wheeler, *Physical Review* **128**, 919 (1962). doi

## Notas

<sup>1</sup>[https://www.youtube.com/channel/UC\\_Fk7hHbl7vv\\_7K8tYqjd5A](https://www.youtube.com/channel/UC_Fk7hHbl7vv_7K8tYqjd5A).

<sup>2</sup><https://www.youtube.com/user/CienciaTodoDia>.

<sup>3</sup><https://www.youtube.com/user/nerdologia>.

<sup>4</sup><https://www.youtube.com/user/Kurzgesagt>.