

## **HOMEM DE FERRO COMO ORGANIZADOR SEQUENCIAL EM UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA ACERCA DE FÍSICA NUCLEAR E DE PARTÍCULAS**

**(Iron Man as a sequential organizer in a potentially meaningful teaching unit on nuclear physics and particles)**

**Israel Müller dos Santos**

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal de Santa Catarina  
[israel.santos@ifsc.edu.br](mailto:israel.santos@ifsc.edu.br)

**Felipe Damasio**

Instituto Federal de Santa Catarina/Universidade Federal de Santa Catarina  
[felipedamasio@ifsc.edu.br](mailto:felipedamasio@ifsc.edu.br)

**Resumo:** O trabalho relata a construção de uma sequência didática e como está disponibilizado todo material necessário para sua implementação. Com tal sequência é possível que se proporcione a inserção do Universo Cinematográfico Marvel em sala de aula de modo a poder contextualizar a Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. O aporte teórico fundamentou-se na Teoria de Aprendizagem Significativa Crítica, nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) e na Epistemologia de Paul Feyerabend. Como organizador sequencial da UEPS optou-se pelo filme Homem de Ferro 2 e o tópico escolhido a ser ensinado foi a Física Nuclear e de Partículas. Para descrever o trabalho, inicialmente este texto fará uma discussão acerca das questões que embasam e permeiam a proposta. Após isto a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa é descrita e os locais aonde se podem encontrar o material construído para ela ser implementada são indicados.

**Palavras-chave:** Marvel; Física Moderna e Contemporânea; Sequência didática.

**Abstract:** The work reports the construction of a didactic sequence and how all the material necessary for its implementation is available. With this sequence it is possible to provide the insertion of the Marvel Cinematic Universe in the classroom in order to be able to contextualize Modern and Contemporary Physics in High School. The theoretical contribution was based on the Critical meaningful Learning Theory, the Potentially meaningful Teaching Units (UEPS) and Paul Feyerabend's Epistemology. As the sequential organizer of UEPS, the film Iron Man 2 was chosen and the topic chosen to be taught was Nuclear and Particle Physics. To describe the work, this text will initially discuss the issues that underlie and permeate the proposal. After that the Potentially meaningful Teaching Unit is described and the places where the material built for it to be implemented can be found are indicated.

**Palavras-chave:** Marvel; Física Moderna e Contemporânea; Sequência didática.

## Introdução

A abordagem de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) vem sendo sistematicamente apontada pelas pesquisas como uma forma de se alcançar uma modernização e renovação nos conteúdos do ensino médio (SOARES, 2009; MELO, 2014), contudo, pouco disso se reflete efetivamente na sala de aula. Dificuldades de contextualização de alguns saberes podem ser encontradas. Com a Física de Partículas, por exemplo, Lozada e Araújo (2007) conseguiram apontar entre docentes de Física obstáculos epistemológicos e didáticos para sua implementação no ensino médio. Os professores apresentaram preocupação com a assimilação dos conteúdos pelos alunos justamente pela necessidade de contextualização desse conhecimento.

Nesse sentido, Siqueira e Pietrocola (2006) argumentam que a falta de objetos didáticos para a prática de sala de aula que lidem com o tópico de Física de Partículas evidencia que o conteúdo ainda não se tornou, efetivamente, parte do saber a ser ensinado no ensino médio. Lozada e Araújo (2007) conseguiram elencar diferentes iniciativas de inserção do tópico na educação básica, a exemplo de trabalhos já consagrados na área (ABDALLA, 2005; ABDALLA, 2006; OSTERMANN, 1999; OSTERMANN e CALVACANTI, 2001); contudo, apontam que o debate sobre o ensino de Física de Partículas no ensino médio ainda está longe de ser esgotado.

Assim, o **problema em aberto** que este trabalho se propôs investigar e, também, produzir material instrucional relacionado, é: *que elementos do cotidiano do alunado do ensino médio permitiriam contextualizar a Física de Partículas? A hipótese* que norteará a busca pelas possíveis respostas é que *filmes de super-heróis* podem se traduzir nesses elementos, se explorados pelos docentes numa situação formal de ensino, a exemplo de uma sequência didática.

Assim sendo, este trabalho teve como **objetivo geral** a construção de uma sequência didática que proporcionasse a inserção do Universo Cinematográfico Marvel em sala de aula de modo a poder contextualizar a Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, tendo em vista a perspectiva de ensino subversivo.

Foram adotados referenciais teóricos, educacionais, metodológicos e epistemológicos consistentes, devidamente articulados e coerentes, a saber: Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, filosofia da ciência de Paul Feyerabend e as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas. A falta destes também é uma debilidade existente apontada em parcela significativa dos trabalhos envolvendo educação científica e tecnológica (MOREIRA, 2005). Outro ponto apontado por Moreira (2004) é a utilização de referenciais que não são coerentes entre si. Ao adotar a fundamentação deste trabalho se teve a garantia de que eles são coerentes e complementares (DAMASIO e PEDUZZI, 2015) para não recair nas debilidades apontadas por Moreira.

## Revisão bibliográfica

A fim de identificar indícios de possíveis caminhos a se seguir na pesquisa, foi realizada uma revisão bibliográfica baseada nos seguintes periódicos: A Física na Escola, Alexandria, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, Experiências em Ensino de Ciências e Revista Brasileira de Ensino de Física.

A escolha por essas publicações se deu por sua relevância para área, seja atribuída por pesquisadores, seja por docentes – impactando numa alta classificação por parte das instituições avaliadoras. O período utilizado como base compreende o último decênio (de 2008 a 2018) e os indicadores usados foram: ensino de tópicos de Física Nuclear e de Partículas; uso de filmes no ensino de Física; e uso de super-heróis no ensino de Física.

Schappo (2010) indica a dificuldade em abordar pedagogicamente uma Física que permeia reatores nucleares dados os problemas em representar esses fenômenos macroscopicamente. Além disso, discute a importância da compreensão da construção de modelos para o entendimento do empreendimento científico e apresenta o formalismo do modelo da gota líquida para o núcleo atômico, de modo a expandir os conhecimentos dos professores de Física interessados.

A partir de um estudo de caso, Vidal e Rezende Filho (2010) mostram que, em se tratando de gêneros audiovisuais, professores de Ciências em geral selecionam para fins didáticos os documentários, evitando obras de ficção. Trata-se de mais uma motivação para explorar a hipótese apresentada neste trabalho. Também Chaves (2012) aponta que espaços de mídia constituem-se como lugares de formação tanto como escolas ou a família e, assim, sugere narrativas cinematográficas para fomentar o debate sobre a visão de Ciência na sociedade. Rezende e Struchiner (2009) verificaram que tradicionalmente o audiovisual no Ensino de Ciências tem seguido uma tendência que privilegia o ensino centrado no professor e a transmissão acrítica de conhecimentos, situação incompatível com a concepção de escola subversiva aqui defendida. Para além das mídias audiovisuais, mas também pertinente ao tema, Silva e Costa (2015) colocam as histórias em quadrinhos como ótimo exemplo de relação entre mídia e sociedade, também indicando que a integração entre diferentes linguagens das mídias de massa e práticas pedagógicas pode potencializar e democratizar a constituição de conhecimentos e valores.

Diversos trabalhos têm ressaltado a importância em se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, que se tornou um campo de pesquisa em ensino bem consolidado nas últimas duas décadas. Silva e Almeida (2011), ao realizar uma revisão sobre o que dizem as pesquisas a respeito do ensino de Física Quântica, mostram que tem se tornado cada vez mais consensual a pertinência em se abordar tais temas no ensino médio. Além de diversas propostas didáticas, também tem sido publicados textos de apoio ao professor e materiais de divulgação em geral que buscam oferecer subsídios aos docentes para a inserção de tais tópicos no ensino formal. Contudo, ainda indica que mais contribuições à área devem ser realizadas, na forma de futuros trabalhos destinados aos docentes.

Baseados na sua importância política e tecnológica para a sociedade, Souza e Dantas (2010) apresentam propostas de temas relacionados à fenomenologia nuclear a serem debatidos a nível conceitual no ensino médio: decaimento alfa e transmutação nuclear, decaimento beta, Efeito Mössbauer, força nuclear forte, fissão nuclear, enriquecimento de urânio, reatores nucleares e fusão nuclear. A transmutação de elementos também figura no trabalho de Cordeiro e Peduzzi (2014), de modo a problematizar a questão da descoberta científica e demais aspectos relacionados à história e natureza da ciência, numa perspectiva interdisciplinar.

A iniciativa com maiores semelhanças à proposta deste trabalho consistiu num projeto que utilizou ficção científica, episódios da série Jornada nas Estrelas, para explorar conceitos científicos e a natureza da ciência em escolas da educação básica (TEIXEIRA et al, ). Material potencialmente significativo foi elaborado e utilizado em sala

de aula, os episódios foram apresentados e discutidos, uma página educativa virtual foi elaborada para disponibilização de material e, por fim, o projeto foi avaliado. Considerou-se que os indicativos foram de que o material foi realmente considerado potencialmente significativo e que os episódios foram efetivos em despertar a predisposição em aprender. Trata-se de procedimentos que podem inspirar em linhas gerais uma metodologia para explorar o filme escolhido neste trabalho em sala de aula.

Por fim, os trabalhos de Pinheiro e Costa (2009) e Calheiro e Garcia (2014), tratam de resultados de implementação de sequências didáticas voltadas ao Ensino de Física de Partículas, no segundo caso, explicitamente se tratando de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, ou UEPS (MOREIRA, 2011). Em ambos os casos foram utilizados mapas conceituais e demais estratégias que priorizassem a construção ativa de conhecimento pelos alunos, respeitando os pressupostos já citados da TAS. Também são pertinentes indicativos de como deve se embasar metodologicamente a proposta didática a ser considerada neste trabalho.

Assim, o principal achado dessa revisão é o de que não foi encontrado, nessa coleta de informações, nenhum trabalho que integrasse todos os três eixos. Indica-se, assim, o ineditismo da proposta deste trabalho e seu valor enquanto pesquisa em ensino de Física.

## **Fundamentação teórica**

Para Moreira (2009), pesquisar é produzir conhecimentos dentro de um marco teórico, metodológico e epistemológico, e que estes sejam articulados. Isso exige uma interação contínua entre o domínio metodológico e teórico. Uma preocupação manifestada por Moreira (2004) é em relação ao conteúdo específico das ciências, que segundo o autor, deve sempre estar presente na pesquisa em ensino de ciências. O autor destaca que um ponto frágil de muitas pesquisas é que seus autores relegam o conteúdo científico a um nível menos importante em suas pesquisas.

Uma das preocupações deste trabalho é não diminuir a importância do conteúdo de Física dentro das atividades desenvolvidas. Por isto irá apresentar a seguir aspectos que foram discutidos a fundo no trabalho, que estão relacionados à Física de Partículas e nuclear.

De acordo com Moreira (2009), é importante que professores e pesquisadores da área de ensino de Física tenham consciência da necessidade de um marco epistemológico para a pesquisa em ensino de ciência, até porque pesquisas têm mostrado que a visão de professores e alunos sobre o conhecimento científico tem efeito sobre o seu ensino-aprendizagem. Nesta perspectiva, a pesquisa em educação científica necessita de um aporte epistemológico articulado e coerente com o educacional e metodológico. O autor aponta como uma das debilidades em trabalhos na área, justamente pesquisas sem referencial teórico, epistemológico e metodológico adequado e coerente. Inclusive, aponta para um grande número de estudos sem marco teórico ou com um suposto aporte que não se articula com o objeto estudado.

Devido a isto, a pesquisa se pautou em referenciais teóricos que trabalhos recentes sugeriram serem adequados e complementares. A saber: Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (teórica educacional), a filosofia da ciência de Paul Feyerabend (epistemológica) e as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (metodológica).

Moreira (2005) entende como aprendizagem significativa crítica àquela que permite à pessoa fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela. Por meio desta aprendizagem, se pode fazer parte de seus costumes e não ser subjugado por seus ritos, mitos e ideologias. É por meio dessa aprendizagem que se poderá lidar construtivamente com a mudança, sem se deixar ser dominado por ela, manejando a informação sem se sentir impotente perante sua grande disponibilidade e velocidade. Também ajudará a usufruir e desenvolver a tecnologia sem se tornar tecnófilo.

A Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica não foi pensada e construída como uma proposta didática, mas sim como uma sugestão de uma série de princípios facilitadores para se criar um ambiente em que possa se construir este tipo de aprendizagem. Eles são onze: 1) Princípio do conhecimento prévio, 2) Princípio da interação social e do questionamento por meio do ensinar/aprender perguntas ao invés de respostas, 3) Princípio da não centralidade do livro de texto, 4) Princípio do aprendiz como perceptor/representador, 5) Princípio do conhecimento como linguagem, 6) Princípio da consciência semântica, 7) Princípio da aprendizagem pelo erro, 8) Princípio da desaprendizagem, 9) Princípio da incerteza do conhecimento, 10) Princípio da não utilização do quadro-de-giz/da participação ativa do aluno/da diversidade de estratégias de ensino e 11) Princípio do abandono da narrativa.

Nem sempre uma abordagem epistemológica da Ciência pode ajudar a promover um ambiente em que possa se construir a aprendizagem significativa crítica. Visões racionalistas de ciência podem ajudar a aprendizagem em ciência a continuar a ser mecânica em alguns casos, significativa em poucos, mas nunca crítica. Há indicativos na literatura, visões de ciência relativistas, como a de Paul Feyerabend, são coerentes e complementares com o objetivo de uma educação que visa formar pessoas inquisitivas, flexíveis, criativas, inovadoras, tolerantes e liberais. Segundo os autores, a postura relativista enseja ao estudante aprender ciência e, concomitantemente, poder ser crítico a ela, pois não é mais vista como certeza de uma verdade fixa e indubitável.

Em relação ao referencial metodológico, trata-se das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), que são sequências de ensino fundamentadas, sobretudo, na Teoria da Aprendizagem Significativa (Moreira, 2011). Logo, ela se mostra coerente e articulada, tanto com o referencial teórico educacional como com o epistemológico. A partir da revisão bibliográfica se construiu a metodologia da pesquisa: (i) selecionar um filme do Universo Cinematográfico Marvel, discriminando o tópico de Física Moderna e Contemporânea relacionado; (ii) realização da apropriação do conteúdo a ser discutido nas sequências didáticas, de modo a buscar subsídios para a execução do projeto; (iii) elaborar o produto educacional, nesse caso, material potencialmente significativo baseado nos pressupostos teóricos que orientam o trabalho, o que culminará na apresentação de um livro paradidático e de uma UEPS.

### **Apropriação do tema: Filmes de super-heróis**

Por filmes de super-herói entende-se neste trabalho um gênero cinematográfico de fantasia em que os protagonistas são super-heróis. Não se trata de algo novo, havendo exemplares de sucesso desde a década de 1970, mas passaram a apresentar vultoso sucesso, em particular com o público jovem, a partir dos anos 2000. Nesse período, torna-

se particularmente relevante apontar o caso da narrativa transmidiática envolvendo os super-heróis da Marvel Entertainment.

A narrativa transmidiática, ou seja, a narrativa que se estabelece por meio da integração de diferentes meios de comunicação, em geral, mídias de massa, como filmes, séries de televisão, histórias em quadrinhos, etc. (TRETTINO e SCHLÖGL, 2014) é muito característica da contemporaneidade. Tem apresentado notório sucesso nesse processo a companhia Marvel Entertainment, atualmente empresa de entretenimento subsidiária da The Walt Disney Company, detentora de um acervo artístico de mais de 8 mil personagens estabelecidos nas mais distintas mídias ao longo de cerca de 70 anos de uma intrincada história (MAIA, 2014) Contudo, fato importante a se destacar é que esses mesmos personagens fazem parte do lazer cotidiano de expressiva parte do alunado do ensino médio, seja por meio de longas-metragens, curtas-metragens, livros, séries de televisão, histórias em quadrinhos, videogames, etc. A Marvel Studios é o ramo de produção audiovisual desta companhia e lida, principalmente, com a produção de filmes dos super-heróis licenciados.

Efetivamente, as duas últimas décadas se consolidaram como uma “Era de Ouro” dos filmes de super-heróis (GONÇALVES, 2017) sendo que a Marvel Studios tem extrema importância nesse processo. Ao longo da última década, foram lançados pelo estúdio cerca de duas dezenas de longas-metragens no formato *blockbuster*, ou seja, com altos números de venda, altos custos de produção e vultoso retorno financeiro, com bilheterias na faixa das centenas de milhões de dólares, chegando a bilhões de dólares em alguns casos. Esses filmes, exímios exemplares de meios empregados numa narrativa transmidiática que emprega histórias em quadrinhos, filmes, séries de televisão, videogames, dentre outros, integram o chamado Universo Cinematográfico Marvel (TRETTINO e SCHLÖGL, 2014). Novamente, por estarem amplamente difundidas por jovens no mundo todo e terem temáticas em vários momentos relacionadas à ficção científica, essas narrativas podem ser problematizadas num contexto de ensino formal de Ciências.

Assim, partindo da ideia de que será selecionado um desses filmes pertencente ao Universo Cinematográfico Marvel para ser explorado como facilitador da contextualização de algum conhecimento de Física, deve-se atentar a que conhecimento destina-se, especificamente. Isto se torna importante já que uma das debilidades em trabalhos relacionados à educação científica e tecnológica é relegar o conteúdo científico a um nível inferior (MOREIRA, 2004). Filmes em que o personagem *Incrível Hulk* figura podem ser utilizados para problematizar a interação de radiação com a matéria, tendo em vista que esta é a origem dos poderes do super-herói; o filme *Thor* (2011) permitiria discutir a Física envolvendo os buracos de minhoca; já a produção *Homem-Formiga* (2015) propiciaria uma inserção no mundo quântico, haja vista, novamente, as características dos poderes do super-herói. Neste trabalho, o filme escolhido foi *Homem de Ferro 2* (2010).

Para além de uma sinopse detalhada do enredo do filme, pretende-se destacar aqui a principal passagem da trama que justifica sua escolha. O personagem Tony Stark, identidade do super-herói Homem de Ferro, encontra problemas no uso do núcleo de geração de energia de sua armadura, fonte de seus poderes. Esse núcleo de geração de energia – que não tem seu funcionamento devidamente explicado no filme, mas funcionaria baseado em fenômenos nucleares – é alimentado por um elemento químico que está contaminando o corpo de seu usuário, o próprio Tony Stark. Assim, para suprir essa necessidade de um substituto ao elemento usado, o inventor acaba por “criar um novo elemento”. Apesar de inusitado e caricato, tal episódio permite inserir num contexto

de ensino formal de Física questões como “o que é necessário para criar um novo elemento químico?”, ou mesmo “o que distingue os diferentes elementos químicos?”. Desse modo, torna-se evidente que os conteúdos possíveis de serem abordados estão relacionados à Física Nuclear e de Partículas – a saber, a transmutação de elementos químicos e as partículas elementares, constituintes da matéria. Note-se que se optou por incluir a denominação *Nuclear* dado o vasto intervalo de energia envolvendo os fenômenos possíveis de serem abordados a partir das perguntas geradas com o filme.

Esse episódio também permite contextualizar uma possível abordagem explícita de história e filosofia da ciência. Na obra cinematográfica apresenta-se um cientista isolado da sociedade que, sozinho e de forma mirabolante, faz “descobertas”. Logo, visualiza-se aqui como uma abordagem epistemológico-histórica pode problematizar esses mitos e discutir como a Ciência é uma construção humana que envolve um contexto sócio-histórico-cultural amplo.

### **Apropriação do tema: Física de Partículas**

Trata-se de um ramo da Física (ou dois, a depender de como se dividam os campos do conhecimento da Física) que estuda os constituintes básicos da matéria, ou seja, as partículas subatômicas, bem como suas interações. São consideradas elementares aquelas às quais não correspondem estruturas menores. Os fenômenos estudados envolvem altos níveis de energia, acima da faixa de *megaelétron-volt*, podendo ser até várias ordens de grandeza acima disso.

As pesquisas envolvendo partículas elementares culminaram numa estrutura hoje conhecida como Modelo Padrão. Trata-se de caracterizar e organizar as partículas elementares conhecidas e identificadas experimentalmente, totalizando 61 no ano de 2018. Hoje permite cientificamente a compreensão de toda a matéria detectada experimentalmente, embora ainda haja problemas em aberto, como questões relacionadas à supersimetria ou matéria escura (MOREIRA, 2009).

Essencialmente, as partículas que constituem o modelo padrão são categorizadas como férmions, que possuem spin semi-inteiro ( $1/2, 3/2, 5/2\dots$ ) ou bósons, que possuem spin inteiro ( $0, 1, 2\dots$ ). O spin é uma propriedade essencialmente quântica, que não possui correspondente clássico, mas poderia ser associado a um momentum angular intrínseco das partículas. Decorre também da natureza dessas partículas que os férmions são responsáveis por constituir a matéria, enquanto os bósons são mediadores das interações fundamentais: gravitacional, eletromagnética, nuclear forte e nuclear fraca. Desse modo, tomou-se no material instrucional este último critério para classificação das partículas elementares enquanto bósons e férmions. Uma consequência dessa escolha é que, para fins de simplificação, o spin não é uma propriedade física abordada nessa proposta, mas deve ser levado em consideração em uma versão científica estritamente rigorosa do Modelo Padrão – o que não é o objetivo deste trabalho.

Os férmions podem ser léptons ou quarks. Os léptons são: elétron, neutrino do elétron, múon, neutrino do múon, tau e neutrino do tau – além de suas antipartículas. As antipartículas são simétricas em relação às suas correspondentes, tendo a mesma massa, spin e paridade, mas carga elétrica e outros números quânticos (bariônico, leptônico, estranheza) opostos. Estes números quânticos são importantes em situações

nas quais se observam algumas conservações, comuns em fenômenos da Mecânica Quântica, mas o mais usual é afirmar “uma antipartícula tem a mesma massa e spin da partícula em questão, porém carga oposta” (MOREIRA, 2009). Assim, são 12 léptons no Modelo Padrão.

Os quarks são as partículas que constituem hádrons e, diferentemente dos léptons, não foram identificados isolados, mas somente em estados ligados. Três quarks formam bárions (como o próton e o nêutron), um quark e um antiquark formam mésons (como o pión e o káon). São os quarks do Modelo Padrão: up, down, charm, strange, top, bottom e suas respectivas antipartículas. Contudo, na natureza, cada um destes quarks possui versão em três cores diferentes. Cor, neste contexto, em nada tem a ver com a acepção cotidiana do termo; esse é o nome dado a mais uma propriedade física da matéria, relevante na descrição do mecanismo da interação nuclear forte. Desse modo, são 36 os quarks no Modelo Padrão.

Os bósons são partículas mediadoras das interações fundamentais. Diferentemente dos férmions, elas são suas próprias antipartículas. Para a interação eletromagnética, há o fóton; para a interação nuclear forte, há oito tipos de glúons; para a interação nuclear fraca, existem os bósons  $W^+$ ,  $W^-$  e  $Z^0$ . No caso da força gravitacional, a partícula teoricamente prevista seria o grávitron, mas não houve detecção experimental desse bóson, de modo que não há corroboração de sua existência e ele não integra o Modelo Padrão. O último bóson a integrar o grupo é o bóson de Higgs, responsável pela mediação do campo de Higgs, mecanismo pelo qual se justifica a existência de massa das partículas. Assim, no Modelo Padrão existem 13 bósons confirmados. Com estes últimos, contemplam-se as 61 partículas elementares, por meio das quais os cientistas, atualmente, compreendem a composição do que hoje sabemos ser uma pequena parcela (aproximadamente 4% em massa) do universo. A maior parte seria constituída por energia escura e matéria escura, ainda com conhecimento teórico e empírico não tão bem estabelecidos na Física.

## **Desenvolvimento do material instrucional**

Dados os desafios, necessidades e indicativos descritos, optou-se por elaborar uma proposta de desenvolvimento de material instrucional em duas partes. A primeira trata da redação de um livro paradidático<sup>1</sup> de possível abrangência tanto a professores, quanto a alunos ou mesmo ao público em geral. A carência de materiais paradidáticos que abordem o tema justifica a importância do desenvolvimento desse tipo de produção (OSTERMANN e MOREIRA, 2000). A segunda (Apêndice) consiste numa UEPS que utiliza o filme selecionado, o Homem de Ferro 2, como organizador prévio para a abordagem do tema em sala de aula – intimamente ligada a hipótese que norteia a pesquisa. Embora o conhecimento de Física Nuclear e de Partículas esteja presente em ambos os materiais, o segundo consiste, em outras palavras, numa sequência didática, material de passível aplicação direta em sala de aula e posterior avaliação enquanto potencialmente significativo.

Ambos os materiais estão relacionados, mas são independentes. Essa organização tem fundamento no fato de que os momentos previstos na UEPS estão ligados ao texto

<sup>1</sup> Disponível em [https://drive.google.com/drive/folders/1BDa2\\_HIJwoGRmHgQoBfwJzyPs6Gp\\_gBh](https://drive.google.com/drive/folders/1BDa2_HIJwoGRmHgQoBfwJzyPs6Gp_gBh)



presente nos capítulos do livro, mas o professor poderá aplicá-la sem uma leitura detalhada, utilizando-se de outros recursos, inclusive outras referências bibliográficas. Da mesma forma, o livro é justamente paradidático para poder contemplar diferentes contextos: o professor pode explorá-lo para suprir lacunas de livros didáticos (MEIGID NETO e FRACALANZA, 2003), bem como simplesmente aprimorar seus conhecimentos ou indicar como leitura para seus alunos, além do público em geral poder encará-lo como um texto de divulgação.

Não há menção aos filmes no Material Paradidático. Contudo, a elaboração de ambos teve como base a perspectiva construção histórica do conhecimento científico, já apresentada neste trabalho como uma importante forma de abordagem contextualizada e crítica da Física, em acordo com a epistemologia de Feyerabend. Desse modo, o livro poderá ser usado como bibliografia, por exemplo, por professores que desejem abordar a Física Nuclear e de Partículas em sala de aula sem necessariamente recorrer ao uso deste filme em específico para contextualizar o tema. Entretanto, conseguiriam fazê-lo sem deixar de lado os aspectos históricos relacionados ao desenvolvimento desse conhecimento.

Para o desenvolvimento do livro, foram consultadas diferentes bibliografias que abordassem o tema do átomo às partículas elementares em diferentes aspectos. Os materiais que de alguma forma contribuíram para a redação desse texto estão presentes na seção de Bibliografia. Ao final, obteve-se uma narrativa capaz de iniciar instigando o leitor acerca da composição do mundo que o cerca e finalizar contemplando o Modelo Padrão e as partículas que o integram, passando pelo trabalho de diferentes físicos que contribuíram como a construção deste conhecimento.

Seguindo o estabelecido por Moreira (2011), a sequência didática presente no Apêndice teve como base os aspectos sequenciais e princípios da UEPS, utilizando além do conteúdo presente nos capítulos do livro. Para poder elaborá-la, foi necessário pesquisar em diversos *sites* e outras fontes materiais tais como vídeos e experimentos adequados aos momentos previstos para as aulas. Privilegiaram-se experimentos de baixo custo e práticas facilmente reproduzíveis em sala de aula em diferentes contextos. Incluiu-se o uso de uma página *HTML* contendo uma simulação computacional desenvolvida previamente como projeto de uma das unidades curriculares do Mestrado Profissional em Ensino de Física – Atividades Computacionais para o Ensino de Física.

Também foram criadas cinco apresentações de *slides* referentes aos momentos de exposição dialogada do conteúdo, preferencialmente norteados por questões abertas que proporcionassem reflexão por parte dos alunos. A primeira trata de uma inserção ao mundo atômico, suas escalas e a origem da ideia do atomismo; a segunda abrange a evolução dos modelos atômicos até o início do século XX, bem como o princípio do descobrimento de partículas subatômicas; a terceira aborda as ideias relativas às interações fundamentais do Universo; a quarta caracteriza o período por volta de meados do século XX em que diversas partículas já haviam sido descobertas; por fim, a quinta, consolida Modelo Padrão das Partículas Elementares, apresentando a forma atual como estão categorizadas.

A coletânea de materiais desenvolvidos (slides de aulas, questionários e avaliações aplicadas, roteiros de atividades) encontra-se disponível no *site* <https://sites.google.com/view/homemdeferromnpef>. O acesso pode ser aproveitado tanto por professores quanto por alunos: os primeiros com a possibilidade de aplicar a proposta em suas turmas, realizando as devidas adaptações, de modo que os materiais se encontram em modo editável – à exceção do livro paradidático; os últimos com a

oportunidade de explorar os recursos disponibilizados, aprendendo mais sobre o tema de forma proativa.



**Figura 1.** Site produzido para hospedagem e divulgação dos materiais desenvolvidos

## Considerações Finais

A Unidade de Ensino Potencialmente Significativa foi construída tendo o filme como organizador sequencial, elemento da Teoria de Aprendizagem Significativa. O filme tem boas possibilidades de ter a capacidade de fornecer ideias âncoras aos estudantes, além de contextualizar o conhecimento em sala de aula. A análise do material foge do escopo deste artigo, mas ela foi feita em Santos (2017) e os resultados indicam efetividade e aproximação efetiva da construção de um ambiente que fomente a aprendizagem significativa.

O material paradidático, por sua vez, consiste num livro em que a Física Nuclear e de Partículas é tratada a partir de uma proposta de narrativa histórica e contextualizada. A iniciativa parte da importância apontada por Feyereabend de compreender a Ciência como uma construção humana, influenciada pelo contexto cultural e econômico, por exemplo.

Dessa maneira, considera-se que os procedimentos adotados no desenvolvimento do projeto mostraram-se alinhados aos objetivos. Com isso, cumpriu-se o **objetivo geral** da pesquisa: a construção de uma sequência didática – uma UEPS – que proporcionasse a inserção do Universo Cinematográfico Marvel – pelo filme Homem de Ferro 2 – em sala de aula, de modo a poder contextualizar a Física Moderna e Contemporânea – nesse caso, a Física Nuclear e de Partículas – no ensino médio, tendo em vista a perspectiva de ensino subversivo – promovendo a concepção de Ciência como construção humana.

Ademais, cabe uma reflexão pertinente. A motivação para seguir uma carreira relacionada às Ciências, incluindo a docência, está relacionada a construção de uma concepção de Ciência bastante particular, que a cada indivíduo será motivadora de estudo e interesse. Por experiência própria, um dos autores pode afirmar que os filmes de

super-heróis, bem como outras obras, como história em quadrinhos, séries, livros e desenhos animados que compartilhem de tais personagens, tiveram sua contribuição para a construção de sua ideia de Ciência e a relevância dela para si. Cientistas são personagens recorrentes nessas histórias – a atividade científica não é exclusividade de Tony Stark, longe disso. Qual a relação entre este mundo ficcional e a realidade? Por exemplo: qual o papel da “descoberta científica” e como ela é realizada nos laboratórios do Universo Marvel e do *nosso* universo? Como cientistas são retratados e que aspectos influenciam seu trabalho?

A identificação destes aspectos epistemológicos presentes nessas obras e suas possíveis implicações para o ensino de Física por si só já apresenta um **problema em aberto** identificado a partir da construção desta pesquisa. Contudo, um **problema** mais profundo também identificado foi: haja vista que esses filmes, ou, de forma geral, quaisquer mídias que envolvem super-heróis, podem motivar jovens a seguir carreiras que envolvam atividade científica, contribuindo para sua concepção de Ciência, como se dará a influência desses elementos no futuro trabalho desses indivíduos, refletindo-se sobre a produção da própria Ciência? Em outras palavras, a forma como essas obras retratam a Ciência influencia o trabalho e as ideias de quem seguiu carreira científica por, dentre vários outros motivos, contato com elas?

## Referências Bibliográficas

- ABDALLA, M. C. B. (2005). Sobre o discreto charme das partículas elementares. *Revista A Física na Escola*, v.6, n.1.
- ABDALLA, M. C. B. (2006). *O discreto charme das partículas elementares*. São Paulo: Editora UNESP.
- CALHEIRO, L. B; GARCIA, I. K. (2014). Proposta de inserção de tópicos de física de partículas integradas ao conceito de carga elétrica por meio de unidade de ensino potencialmente significativa. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 19, n. 1.
- CHAVES, S. N. (2012). História da ciência através do cinema: dispositivo pedagógico na formação de professores de ciências. *Revista Alexandria*, v. 5, n. 2.
- CORDEIRO, M. D; PEDUZZI, L. O. Q. (2014). Entre os transurânicos e a fissão nuclear: um exemplo do papel da interdisciplinaridade em uma descoberta científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 31, n. 3.
- DAMASIO, F; PEDUZZI, L. O. Q. (2015). A coerência e complementaridade entre a teoria da aprendizagem significativa crítica e a epistemologia de Paul Feyerabend. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 20, n. 3.
- GONÇALVES, V. A. M. (2017). *Super-heróis no cinema uma trajetória histórica*. In: XL CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO – Intercom, 2017, Curitiba. Anais. Curitiba: 2017.
- LOZADA, C. O; ARAÚJO, M. S. T. (2007) *Ensino de Física de Partículas Elementares no Ensino Médio: as perspectivas dos professores em relação ao ensino do Modelo Padrão*. In: XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2007, São Luís – MA. Anais do XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2007. v. 1. p. 1-10.

- MAIA, F. R. P. (2014). *Super-heróis da convergência a unificação narrativa da Marvel Studios em um universo transmidiático*. 2014. Monografia (Bacharelado em Comunicação Social) – Universidade Estácio de Sá, Rio de Janeiro.
- MELO, J. F. d. (2014). *Tópicos de física moderna e contemporânea no Ensino Médio: Uma abordagem histórica e conceitual dos modelos atômicos*. 2014. 530f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática - PPGECEM)- Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.
- MEIGID NETO, J.; FRACALANZA, H. (2003). O livro didático de ciências: problemas e soluções. *Ciência & Educação*, v.9, n.2, p.147-157.
- MOREIRA, M. A. (2004). A pesquisa em Educação em Ciências e a Formação Permanente do Professor de Ciências. *Revista Chilena de Educación Científica*, v. 3, n. 1, p. 10-17.
- MOREIRA, M. A. (2005). *Aprendizagem Significativa Crítica*. Porto Alegre: Ed. do autor.
- MOREIRA, M. A. (2009). *Comportamentalismo, construtivismo e humanismo. Subsídios teóricos para o Professor Pesquisador em ensino de ciências*. Porto Alegre: IF-UFRGS.
- MOREIRA, M. A. (2009). O modelo padrão da física de partículas. *Revista Brasileira de ensino de física*. São Paulo. Vol. 31, n. 1 (mar. 2009), 1306.
- MOREIRA, M. A. (2011). Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas – UEPS. *Aprendizagem Significativa em Revistas/ Meaningful Learning Review – V1(2)*, pp. 43-63.
- OSTERMANN, F. (1999). Um texto para professores do Ensino Médio sobre Partículas Elementares. *Revista Brasileira do Ensino de Física*, vol.21, n.3.
- OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. (2001). Um pôster para ensinar Física de Partículas. *Revista Física na Escola*, v.2, n.1.
- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. (2000). Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física moderna e contemporânea no ensino médio”. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 5, n. 1.
- PINHEIRO, L. A; COSTA, S. S. C. d. (2009). Relato sobre a implementação de uma unidade de aprendizagem sobre partículas elementares e interações fundamentais no ensino médio. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 4, n. 3.
- REZENDE, L. A; STRUCHINER, M. (2009). Uma proposta pedagógica para produção e utilização de materiais audiovisuais no ensino de ciências: análise de um vídeo sobre entomologia. *Revista Alexandria*, v. 2, n. 1.
- SANTOS, I. M. (2017). Física nuclear e de partículas e o filme homem de ferro 2: uma proposta de unidade de ensino potencialmente significativa. 2017. 162f. Dissertação (Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF)- Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2017.
- SCHAPPO, M. G. (2010). Um modelo concreto para o estudo da estabilidade nuclear no Ensino Médio. *Física na Escola*, v. 11, n. 2.
- SIQUEIRA, M. R.P; PIETROCOLA, M. (2006) *A transposição didática aplicada à teoria Contemporânea: a Física de Partículas Elementares no Ensino Médio*. Anais do X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física.
- SILVA, A. C. d; ALMEIDA, M. J. P. M. d. (2011). Física quântica no ensino médio: o que dizem as pesquisas. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 28, n. 3.
- SILVA, E. P. d; COSTA, A. B. d. S. (2015). História em quadrinhos e o ensino de biologia: o caso Níquel Náusea no ensino da teoria evolutiva. *Revista Alexandria*, v. 8, n. 2.
- SOARES, M. S. (2009). *Introdução de tópicos de física moderna e contemporânea no ensino médio por meio do estudo de ondas eletromagnéticas*. 2009. 208 f. Dissertação

(Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências) Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

SOUZA, M. A. M; DANTAS, J. D. (2010). Fenomenologia nuclear: uma proposta conceitual para o ensino médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 27, n. 1.

TEIXEIRA, A. S.; XAVIER, K. S.; DAMASIO, F. (2017). O ensino de e sobre ciência por meio da série de ficção científica Jornada nas Estrelas. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 12, n. 5.

TRETTIN, D; SCHLÖGL, L. (2014). A narrativa transmidiática dos Vingadores da Marvel Comics: Análise dos filmes Homem de Ferro e Homem de Ferro 2. *Razón y Palabra*, v. 18, n. 88.

## Apêndice

### PROPOSTA DE UEPS PARA O ENSINO DE FÍSICA PARTÍCULAS TENDO O UNIVERSO CINEMATOGRAFICO DO HOMEM DE FERRO COMO IDEIA ÂNCORA PARA A ORGANIZAÇÃO SEQUENCIAL

**Objetivo:** Discutir os conceitos de Física Nuclear e de Partículas por meio de uma abordagem que mostre como eles foram construídos historicamente, utilizando filmes do Homem de Ferro como organizador prévio.

**1. Situação inicial:** Exibir aos alunos os dois primeiros filmes da série Homem de Ferro (2008 e 2010).

**2. Situações-problema:** Selecionar cenas específicas que serão usadas durante as aulas expositivas dialogadas e fazer alguns questionamentos a eles acerca de conceitos *de* e *sobre* Ciência que aparecer nas cenas, por exemplo: O poder econômico influencia na ciência? O que são elementos químicos como o paládio que aparece no filme? Do que são formados os elementos químicos? Todas as partículas da natureza podem ser encontradas nos elementos químicos? Como ocorre as premiações na ciência, ela é sempre justa? Como se descobre ou fabrica um elemento químico? Como trabalham os cientistas na descoberta ou fabricação dos elementos químicos? E de onde veem os elementos químicos? Como se construiu a teoria que explica as partículas elementares e como elas podem ser classificadas? A sondagem de concepções prévias e proposição de situações-problema pode ser feitas na forma de discussão em sala ou por intermédio de um questionário<sup>2</sup>.

**3. Revisão:** Cada encontro conta com a diversidade de material didático (livros, textos, vídeos, apresentação de slides) e estratégias instrucionais (experimentos, aula expositiva dialogada, construções coletivas e individuais) conforme orienta a Teoria da Aprendizagem Crítica. No início de cada encontro retoma-se pelo menos uma cena dos filmes que servirá de ideia âncora para a organização sequencial, relacionando com as perguntas do questionário inicial. As questões que envolvem a revisão são: Qual a menor estrutura da matéria? É possível dividir o indivisível (o átomo)? Quem foram as pessoas e como elas estudaram e organizaram as partículas menores que o átomo? Como é a

<sup>2</sup> Exemplo em [https://drive.google.com/drive/folders/1BDa2\\_HIJwoGRmHgOoBfwJzyPs6Gp\\_gBh](https://drive.google.com/drive/folders/1BDa2_HIJwoGRmHgOoBfwJzyPs6Gp_gBh)

organização das partículas subatômicas? Sugere-se a realização das práticas<sup>4</sup> “Repartindo o bolo” e “Sondando a matéria”, também o uso dos slides Aulas 1, 2 e 3 e da simulação contida na página HTML “Modelo de Rutherford”, disponíveis no site <https://sites.google.com/view/homemdeferromnpef>.

**4. Novas situações-problema, em nível mais alto de complexidade:** Neste momento da UEPS, a mesma abordagem será utilizada, iniciando com uma cena de um dos filmes e utilizando a diversidade de material didático e de estratégias instrucionais. No entanto, como está se abordando os capítulos finais do livro as questões colocadas são mais complexas e específicas, tal como sugere o princípio da reconciliação integrativa, sempre procurando fazer referências aos conceitos já discutidos. As questões que envolvem as novas situações-problema são: O que é força na física e quantos tipos diferentes existem? Como os cientistas identificaram partículas cada vez menores e como podemos classificá-las? Como é a classificação atual de todas as partículas que conhecemos? Recomenda-se o uso dos slides Aula 4 e 5 presentes no site <https://sites.google.com/view/homemdeferromnpef> e a realização da prática<sup>3</sup> “Quem sou eu?”.

**5. Avaliação somativa individual:** Esta atividade, que ocupará uma aula, deverá ter sido já anunciada para os alunos; não deverá ser de surpresa. Propor questões abertas nas quais os alunos possam expressar livremente sua compreensão acerca de e sobre física de partículas. Fazer perguntas, solicitar algum esquema ou diagrama que dê evidências de aprendizagem significativa. Não apostar em instrumento<sup>3</sup> de avaliação centrado no “certo ou errado”..

**6. Aula expositiva dialogada integradora final:** retomar todo o conteúdo da UEPS, revendo e procurando construir respostas para as situações problemas iniciais: O poder econômico influencia na ciência? O que são elementos químicos como o paládio que aparece no filme? Do que são formados os elementos químicos? Todas as partículas da natureza podem ser encontradas nos elementos químicos? Como ocorre as premiações na ciência, ela é sempre justa? Como se descobre ou fabrica um elemento químico? Como trabalham os cientistas na descoberta ou fabricação dos elementos químicos? E de onde veem os elementos químicos? Como se construiu a teoria que explica as partículas elementares e como elas podem ser classificadas? Para tal, sugere-se que os alunos produzam vídeos em que exponham as respostas que construíram para essas questões. Os vídeos serão apresentados à turma, de modo que se possa estabelecer uma discussão em relação às posições tomadas e a integração do conhecimento estudado.

**7. Avaliação da aprendizagem na UEPS:** Deverá estar baseada nos trabalhos feitos pelos alunos, a exemplo do vídeo, nas observações feitas em sala de aula, na participação nas discussões e práticas desenvolvidas e na avaliação somativa individual, cujo peso não deverá ser superior a 50%.

---

<sup>3</sup> Roteiros de todas as práticas disponíveis em [https://drive.google.com/drive/folders/1BDa2\\_HIJwoGRmHgOoBfwJzyPs6Gp\\_gBh](https://drive.google.com/drive/folders/1BDa2_HIJwoGRmHgOoBfwJzyPs6Gp_gBh)

**8. Avaliação da própria UEPS:** Deverá ser feita em função dos resultados de aprendizagem obtidos. Reformular algumas atividades, se necessário. Sondar a opinião dos alunos com relação ao que foi desenvolvido por intermédio de um questionário<sup>4</sup>.

**Duração de horas-aula:** 18 a 20.

---

<sup>4</sup> Disponível em [https://drive.google.com/drive/folders/1BDa2\\_HIJwoGRmHgOoBfwJzyPs6Gp\\_gBh](https://drive.google.com/drive/folders/1BDa2_HIJwoGRmHgOoBfwJzyPs6Gp_gBh)