

# HOMEM-ARANHA EM SALA DE AULA: PROPOSTA DO USO DE HISTÓRIAS EM QUADRINHOS E DA FICÇÃO CIENTÍFICA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

## *SPIDER-MAN IN THE CLASSROOM: PROPOSAL FOR USE COMIC BOOKS AND SCIENCE FICTION FOR SCIENCE TEACHING*

**Janaína Farias de Ornellas** [janaina.ornellas@uftm.edu.br]  
*Universidade Federal do Triângulo Mineiro*

**Letícia Gomes de Melo** [melolg@usp.br]  
*Universidade de São Paulo*

### RESUMO

Considerando que documentos oficiais da educação básica argumentam a favor de trabalhar diferentes tipos de linguagens para o desenvolvimento da escrita, da leitura, do debate de questões filosóficas e aprimorar o domínio da contextualização sociocultural, o referido trabalho sugere o uso da aproximação entre dois campos do conhecimento que envolvem diferentes gêneros de linguagem: a literatura de ficção científica (FC) e a ciência por meio de História em Quadrinhos (HQ) para ensinar ciências. A proposta parte de HQs e da FC a fim de compreender os superpoderes dos heróis (considerados elementos contrafactuais aqueles elementos fora do comum ao mundo real, capazes de causar estranheza em sua leitura) sob a luz da Ciência e, com isso, se apropriar das diferentes linguagens que sugerem os documentos oficiais. Importante salientar que ao destacar os elementos contrafactuais, não significa que estaremos atribuindo alguma base Científica a esses elementos. O intuito é destacá-los e a partir disso, compreender e interpretar o discurso científico. Almejamos com isso que os estudantes por meio da literatura de FC tenham contato com discurso científico que sustentam as narrativas/histórias dos heróis, de forma dinâmica e interativa com a finalidade de promover o ensino dos conceitos/fenômenos científicos. Em igual medida, acreditamos que essa proposta pode auxiliar e fomentar ideias para os docentes sobre o uso da HQ em sala aula de forma diferente do que vem sendo proposto na literatura.

**PALAVRAS-CHAVE:** Literatura; Ficção Científica (FC); Ciências; História em Quadrinho (HQ).

### ABSTRACT

*By considering that official documents on basic education argue in favor of working with different types of languages to the development of writing, reading, philosophical questions debating and sociocultural contextualization improvement, this present study suggests the use of approximation of two knowledge fields, which involve different language genres: science fiction literature (SF) and Science through comic books (CB) to teach sciences. The proposal comes from CB and SF in order to understand the superpowers of heroes (considered counterfactual elements) in the light of Science, and with this, to appropriate the different languages suggested by the official documents. It's important to emphasize that by highlighting the counterfactual elements, unusual elements, which are able to cause strangeness in their interpretation; it does not mean we are attributing any scientific basis to these elements. The intention it's to highlight them and from that, understand and interpret*

*scientific discourse. We aim so that students through SF literature have contact with scientific discourse that support the narratives/heroes stories, in a dynamic and interactive way with the purpose of promoting the teaching of concepts/scientific phenomena. In the same extent, we believe that this proposal can help and foster ideas for teachers about the use of HQ in the classroom in a different way than what has been proposed in the literature.*

**KEYWORDS:** *Literature; Science Fiction (SF); Science; Comic Books (CB).*

## INTRODUÇÃO

Nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2006), destaca-se a necessidade de que sejam tratados em sala de aula conteúdos de Química que possibilitem aos estudantes uma compreensão dos processos químicos fazendo a relação com suas aplicações tecnológicas, ambientais e sociais de modo que este sujeito seja crítico, tomando decisões de maneira responsável. Outros documentos como as Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica (BRASIL, 2010) e Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (BRASIL, 2013), que também direcionam o ensino na escola básica, incluem em seu texto dois aspectos que se destacam: a linguagem, como elemento essencial no processo de ensino aprendizagem; e a interdisciplinaridade, a fim de tornar a aprendizagem mais significativa. Durante o texto desses documentos argumenta-se em favor de trabalhar diferentes tipos de linguagens para o desenvolvimento da escrita, da leitura, do debate de questões filosóficas e aprimorar o domínio da contextualização sociocultural (BRASIL, 2010; 2013).

Nessa mesma perspectiva, a Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018) reconhece a importância do uso de história em quadrinhos (HQ), mangás, filmes, entre outras produções no incentivo a leitura, na construção de uma aprendizagem efetiva e com linguagem acessível. Os estudos de Zanetic (2006) e Almeida (1998) também afirmam a relevância da linguagem e da leitura no âmbito das Ciências Naturais. No entanto, para que ocorra a compreensão dessas diferentes linguagens é necessário que o estudante esteja inserido num processo de construção de significados, permitindo uma postura reflexiva e, portanto, ativa no processo. Pois caso contrário, não haverá compreensão e muito provavelmente o ensino e aprendizagem se tornarão um processo enfadonho e mnemônico. Portanto, um ensino pautado em repetições acríticas de fórmulas e algoritmos que dão resultados, acaba transformando a disciplina de Química em algo distante do estudante. Como afirma Chassot (2004), o conhecimento químico, tal como é usualmente transmitido, desvinculado da realidade do aluno, significa muito pouco para ele.

Nesse sentido, a formação inicial de professores de química deveria garantir que os futuros docentes fossem formados de acordo com as percepções de um ensino de química que tenha mais significado e sentido para o estudante. No entanto, as licenciaturas (em química) ainda seguem currículos fragmentados, em que muitas vezes a prática serve para comprovar a teoria. (CAMARGO, 2015; MESQUITA e SOARES, 2011; SÁ, 2012) Assumindo, portanto, um modelo de ensino e aprendizagem distante, tanto do que é sugerido para as demandas das escolas da educação básica, quanto para as demandas do ensino superior.

Considerando este contexto nosso artigo propõe uma metodologia para professores da educação básica, que tem como finalidade usar HQs americanas da editora *Marvel Comics*, para aproximação entre dois campos do conhecimento que envolvem diferentes gêneros de linguagem: a literatura de ficção científica (FC) e a ciência. Com essa proposta pretende-se que os estudantes (da escola básica) tenham contato com discurso científico que sustenta essas HQs de forma dinâmica, interativa e divertida, com a finalidade de promover o ensino dos conceitos científicos. Mais especificamente, a proposta que fazemos é de usar essas histórias para destacar um personagem/super-herói, a fim de compreender os superpoderes sob a luz da Ciência. Aqui destacamos que os seus superpoderes são considerados elementos

contrafactuais, pois em sua construção literária há a ocorrência da contraposição à fatos conhecidos cientificamente, são elementos fora do comum, capazes de causar estranheza em sua leitura (PIASSI E PIETROCOLA, 2009). Importante salientar que ao destacar os elementos contrafactuais, não significa que estaremos atribuindo alguma base Científica a esses elementos. O nosso intuito é destacá-los e a partir disso, compreender e interpretar o discurso científico (gênero científico) que remete o leitor à Ciência e às suas formas próprias de explicar o mundo. Assim, nossa proposta tem uma metodologia específica que permite além de trabalhar diferentes tipos de linguagens, também envolve questões interdisciplinares, uma vez que há necessidade de apropriação de conceitos de diferentes áreas do conhecimento para a compreensão dos elementos contrafactuais. Diante do exposto, o presente trabalho enquadra-se em uma perspectiva qualitativa e apresenta um caráter descritivo. Desta forma, optou-se em dividir o referido artigo nas seguintes seções: A HQ e o ensino de Ciências a fim de pontuar a importância entre a aproximação entre os diferentes gêneros de linguagem: a literatura de ficção científica (FC) e a ciência; após isso apresentamos o referencial teórico que embasou a referida proposta metodológica (ficção científica na sala de aula de ciências); na sequência descrevemos as etapas, isto é, o método de elaboração para o uso da FC e das HQs americanas para o ensino de ciências, e por fim, pontuamos as reflexões finais.

### A HQ e o ensino de Ciências

A aproximação sugerida entre dois campos do conhecimento que envolvem diferentes gêneros de linguagem: a literatura de ficção científica (FC) e a ciência, é relatada na literatura por diversos estudiosos da área (BRAKE e THORNTON, 2003; DARK, 2005; ZANETIC, 1990, 2005, 2006; PIASSI e PIETROCOLA, 2005, 2006, 2007a, 2007b, 2007c). Apesar disso, são escassos os trabalhos que relacionam a linguagem da FC e a linguagem da química por meio das HQs.

No que se refere ao uso da HQ no ensino de química, podem ser encontrados na literatura, trabalhos que consistem na elaboração de HQs, seja pelos alunos ou pelos pesquisadores, para o ensino de determinados conceitos químicos, como: ligações químicas (LEITE, 2017), radioatividade (SOARES e CRUZ, 2016); e outros temas abrangentes, a saber: o biodiesel, o efeito estufa e a chuva ácida (CAVALCANTE et al., 2015); educação ambiental com foco na análise físico-química da água (FRANCISCO JUNIOR e GAMA, 2017) e construção de tirinhas em quadrinhos com enfoque nas relações ambientais entre humanos e animais estigmatizados pela população (SANTANA, NETO e SILVA, 2020). Importante salientar que as HQs encontradas na literatura relacionadas ao ensino de ciências, não são necessariamente consideradas como HQ de ficção científica, pois para ser uma HQ pertencente ao gênero da Ficção Científica a história deve ter a presença de elementos fora do comum, capazes de causar estranheza em sua leitura (tais elementos são denominados de contrafactuais). Esse elemento contrafactual é defendido por Piassi e Pietrocola (2009) como obrigatório para que uma obra possa ser considerada pertencente ao gênero da Ficção Científica.

Assim, nossa busca na literatura pelo tema HQ (aquelas não consideradas de FC) relacionada ao ensino de ciências/química confirma os resultados que Santos, Silva e Oliveira (2016) apresentam no trabalho de revisão bibliográfica nas revistas e eventos de ensino de ciências, de 2005 à 2015, sobre as Histórias em Quadrinhos (HQs). A análise dos autores mostra que existe uma pequena produção de trabalhos sobre HQs no ensino de ciências e ensino de química considerando a faixa de tempo para pesquisa, além das revistas e eventos escolhidos. (SANTOS, SILVA e OLIVEIRA, 2016, p. 11)

A respeito das HQs de super-heróis (consideradas pertencentes ao gênero FC), encontramos na literatura apenas dois trabalhos: um na área do ensino de Física (OLIVEIRA; FERREIRA, 2018) em que os autores realizam oficinas, para os estudantes da escola básica, usando os heróis e mangás para exemplificar os fenômenos/conceitos da física; e outro trabalho é na área de ensino da Química (ORNELLAS e MELO, 2020) em que as autoras problematizam fenômenos/conceitos da química, junto a professores em formação inicial, a partir dos poderes dos super-heróis.

Em síntese é possível considerar três pontos importantes sobre as HQs e o ensino. Primeiro que a forma como as HQs são usadas no ensino de ciências seguem uma tendência em sala de aula. A grande maioria dos artigos na literatura trata sobre a construção de HQ, seja por alunos ou pelo próprio professor, com a finalidade de ensinar ciências. Em segundo lugar há uma valorização acerca do potencial das HQs em favorecer o processo de ensino-aprendizagem. E o terceiro ponto é que as HQs são consideradas como instrumento didático com potencial para gerar o interesse e a autonomia dos estudantes promovendo a aprendizagem de conceitos.

Neste sentido, percebemos uma escassez e um campo ao mesmo tempo frutífero na literatura em relação aos trabalhos que relacionam as HQs americanas, também denominadas de *Comic Books*, com a Ciência e a Química. Assim, esta proposta torna-se importante para avançarmos nesta área e, além disso, esperamos contribuir para as aulas de ciências da educação básica, no sentido de auxiliar e fomentar ideias para os docentes. Acreditamos que o grande ponto chave desta proposta é a articulação/aproximação apresentada neste artigo, entre os diferentes gêneros de linguagem: a literatura de ficção científica (FC) e a ciência, por meio das HQs americanas. Essa proposta apresenta uma nova maneira de usar as HQs de gênero de FC em favor do ensino de ciências/química, pois estamos partindo de histórias em quadrinhos já consolidadas que possuem personagens muito populares entre os estudantes (RIBEIRO, 2017), sobretudo os jovens do Ensino Médio, para explorar nas narrativas o discurso científico que sustentam essas histórias.

## FICÇÃO CIENTÍFICA NA SALA DE AULA DE CIÊNCIAS: ANÁLISE E ALGUNS PROCEDIMENTOS

Com relação à FC, Piassi e Pietrocola (2007c) apresentam os elementos contrafactuais como um dos percursos de análise de obras desse gênero e apresentam quatro categorias: 1) os seres, que [...] são definidos, por exemplo, em função de determinados poderes que eles dispõem, que os contrapõem aos poderes conhecidos dos "seres normais de referência", ou seja, os seres humanos [...] (PIASSI e PIETROCOLA, 2007c, p. 187-188); 2) os objetos, no entendimento dos autores.

[...] é na demonstração de determinadas propriedades incomuns associadas a eles que perceberemos sua contrafactualidade, situada em relação aos "objetos normais de referência" de nosso mundo e o que é possível acontecer em função dessas propriedades específicas [...] (PIASSI e PIETROCOLA, 2007c, p. 187-188).

3) As instituições, descritas como [...] elemento abstrato dado pela criação conceitual. Sociedades, governos, idiomas, ciências, doutrinas, tudo isso pode ser objeto de criação contrafactual [...] (PIASSI e PIETROCOLA, 2007c, p. 189) e por fim, 4) os ambientes que nas palavras dos autores supracitados são definidos dialeticamente pelos fenômenos

[...] capaz de produzir, mas também pelos objetos e seres que podem encontrar existência nesse ambiente. Uma "floresta encantada", por exemplo, é definida pela suposta capacidade de produzir fenômenos incomuns, associados à ideia de encantamento e, se ao longo da história, uma pessoa passeando nesse ambiente se defrontar com uma árvore falante, ficará claro que isso se deve às características próprias da floresta encantada, que abriga um ser (árvore falante) que é dotado de poderes especiais e que, no contexto, nos coloca diante dos tais fenômenos incomuns. (PIASSI e PIETROCOLA, 2007c, p. 187-188).

É importante ressaltar o entendimento de contrafactual, que significa [...] a contraposição de fatos. Pode-se, por exemplo, imaginar um animal falante, que nega o fato de que animais não falam. (PIASSI e PIETROCOLA, 2009, p. 4) No caso da FC, os referidos

autores chamam a atenção para o fato de que em geral (mas nem sempre), os elementos contrafactuais são construídos a partir de uma relação ao conhecimento científico da época em que a obra foi produzida. (PIASSI e PIETROCOLA, 2007) Como demonstraremos neste artigo, a HQ americana e seus personagens são fontes profícuas de elementos contrafactuais e por sua vez, possibilitam diversas abordagens em sala de aula, sobretudo nas aulas de ciências/química.

Diante disso e da importância da FC no contexto do ensino e da aprendizagem de física, por exemplo, Oliveira e Zanetic (2008, p.10-11) apresentam sete procedimentos para sua utilização nas aulas, são eles:

1º) Apresentação do conceito: [...] O professor apresenta o trecho no início da discussão do paradigma, o que teria como objetivo incitar a curiosidade dos alunos, preparando-os para entender sobre o que a teoria que será estudada pretende servir de modelo.

2º) Análise da verossimilhança científica no uso dos conceitos: O professor apresenta o trecho após o estudo da teoria, pedindo para os alunos verificarem a verossimilhança científica no uso do conceito pela narrativa.

3º) "Jogo dos 7 erros": neste caso, a ideia é levar aos estudantes trechos de mais de uma obra, pedindo-lhes que julguem qual é mais verossímil cientificamente. [...] Para isto, poderiam ser comparados trechos de Star Wars e de 2001: Uma Odisséia no Espaço, por exemplo.

4º) Analogias: Alguns autores, de forma proposital, estabelecem analogias que podem facilitar a visualização de algum conteúdo. Por exemplo, o livro "As aventuras do Dr. Tompkins" de George Gamow extrapola para situações cotidianas efeitos que só seriam visíveis no "mundo do muito pequeno" e "no mundo do muito rápido". Assim, os estranhos efeitos que acontecem na quântica e na relatividade podem ser trabalhados de forma mais 'visível' com os estudantes. Entretanto, acreditamos que os limites de validade das analogias devem sempre ser explicitados.

5º) Análise da verossimilhança científica a partir da tríade "se-então-portanto": o professor escolhe o momento do curso para discutir um filme, um episódio de um seriado, um conto ou um romance de ficção científica [...]. Na mesma aula, ou na próxima, o professor encaminha a discussão em torno das tríades. Nas primeiras vezes que esta metodologia for utilizada, é preferível que o professor encontre, ele mesmo, os enunciados baseados na tríade, e apresente-os para a verificação da verossimilhança científica por parte dos estudantes. Após algumas vezes em que isto for feito, acreditamos que já será mais fácil para os estudantes construírem sozinhos os enunciados baseados na tríade.

6º) Análise da verossimilhança científica a partir da tríade "se-então-portanto" comparando obras: A ideia é pedir que grupos diferentes analisem obras distintas sobre o mesmo tema. Posteriormente, a partir da análise de cada grupo, verifica-se qual obra é mais verossímil cientificamente. Este é o momento ideal para aquele professor que deseja utilizar um romance, mas sugerimos que a análise dos romances seja feita pelos alunos como tarefa, em casa. Sugerimos também que esta tarefa para casa seja requisitada somente após os alunos já terem realizado algumas análises deste tipo junto com o professor em sala de aula.

7º) Trabalho multi e interdisciplinar: O professor de Ciências pode trabalhar em conjunto com o de Literatura, ou eles podem atuar sozinhos, como preferirem, trabalhando ora o ensino de algum conceito de Ciências, ora o

ensino de algum conceito de Literatura. (OLIVEIRA e ZANETIC, 2008, p. 10–11)

Diante do exposto não restam dúvidas de que há diversas maneiras de abordar a FC no contexto da sala de aula, sobretudo, no ensino de química. Desta forma é possível propor o desenvolvimento de atividades interdisciplinares com o uso da HQ, que levem em consideração a aprendizagem de ciências de forma mais abrangente e contextualizada, como propõe Zanetic (2005).

## **PROPOSTA DE USO DA HQ E DA FC PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS: ETAPAS DO PROCESSO**

Levando em consideração os referenciais apresentados anteriormente e o nosso objetivo de aproximar a FC e a química de forma interdisciplinar, usando como ferramenta HQs americanas (editora *Marvel Comics*) propomos em nosso trabalho uma sugestão para o desenvolvimento de conceitos científicos usando HQs americanas. Embora a proposta seja para HQs, ela também pode se estender aos filmes que usam a FC. Portanto, nosso intuito é mostrar neste artigo um caminho possível para travar a relação dos elementos contrafactuais sob a luz da ciência, ficando a cargo do professor seguir nossa proposta, ou até mesmo, estabelecer um procedimento próprio (como aqueles que foram apresentados por Oliveira e Zanetic (2008)) que seja mais adequado à sua realidade. Importante ressaltar que independente do caminho escolhido pelo docente para utilização da FC nas aulas, é importante ter o domínio dos conceitos científicos que serão abordados. Nesse sentido, reforçamos que nossa proposta tem como foco o uso da FC presente na HQ americana e sugerimos neste trabalho uma metodologia para isso. Esta tem como princípio fundamental o destaque dos elementos contrafactuais da categoria seres, mostrada anteriormente (PIASSI e PIETROCOLA, 2007c), visto que nosso interesse é ter um super-herói como fonte de elementos contrafactuais para realizar a aproximação pretendida e por sua vez o estudo dos conceitos científicos.

A escolha dessa categoria dentre as outras é porque geralmente esses super-heróis nos levam a ter uma identificação, já que muitas vezes são personagens que seguem com um cotidiano semelhante ao que vivemos e, ao mesmo tempo, são seres sobrenaturais, que fazem coisas que não podemos realizar e, por isso, acabam se distanciando da nossa realidade. Assim, para atingir nosso objetivo, propomos algumas etapas: 1ª escolher o personagem da HQ americana e estudar o seu contexto social e familiar. Acreditamos que esta etapa é importante para conhecer melhor o personagem e estabelecer isso junto aos estudantes pode ser uma forma interessante e motivadora para prosseguir com os estudos. Além disso, esta fase pode incentivar e estimular a leitura nos estudantes; 2ª identificar os elementos contrafactuais que o personagem apresenta. Com destaque para a origem dos poderes. Assim, esta etapa também pode ser realizada com o auxílio dos estudantes sob estímulo do professor; 3ª verificar (se) há presença do discurso científico que sustentam os superpoderes do personagem. Para isso, professores e estudantes podem trabalhar em conjunto a fim de verificar os poderes que o personagem tem e investigar na história as explicações dadas pelos autores/editores; 4ª explorar e aprofundar a etapa anterior buscando possíveis explicações com base em conceitos científicos das diversas áreas do conhecimento. Nesta fase é importante o acesso a periódicos científicos da área para que possam ser consultados a fim de estabelecer relações com os conteúdos escolares e com os poderes identificados na etapa anterior; e por fim, 5ª etapa diz respeito a tecer considerações das possibilidades em ter, ou não, embasamento científico acerca dos elementos contrafactuais encontrados no personagem. A fim de ilustrar nossa proposta selecionamos o personagem Homem-Aranha para detalhar as etapas descritas e sugeridas anteriormente.

### 1) Escolha do personagem: O Homem-Aranha

O Homem-Aranha é um icônico super-herói das revistas em quadrinhos americanas publicadas pela editora *Marvel Comics*, cocriado pelo editor e escritor *Stan Lee*. Sua primeira aparição se deu na revista *Amazing Fantasy #15* (LEE e DITKO, 1962). O personagem de nome Peter Parker é um órfão de origem simples criado pelos tios e que possui grande afinidade por Ciências. Durante sua infância e adolescência sofreu vários *bullies*, por ser um garoto até então desastroso e tímido. Ele torna-se o Homem-Aranha ainda no Ensino Médio, quando é picado por uma aranha ganhando assim, superpoderes e habilidades aracnídeas.

Peter começa a usar seus poderes em um episódio em que seu tio Ben, é morto por um ladrão. A decisão de ser um super-herói aparece porque tal fato poderia ter sido impedido por Peter e não foi. A partir disso, ele percebe que o lema do seu tio estava correto: “com grandes poderes vêm grandes responsabilidades” e inicia sua carreira de super-herói.

### 2) Elementos contrafactuais do personagem: investigando os superpoderes

Existem várias versões da origem desse super-herói, as quais iremos explorar mais adiante, ambas apontam para um mesmo desfecho: o desenvolvimento das habilidades de aranha. Entre essas habilidades podemos citar os seguintes superpoderes: 1- a habilidade de escalar paredes; 2- força, velocidade, reflexos e resistência (sobre-humanos); 3- capacidade de realizar grandes saltos; 4- “produção” de teias e 5- sentido aranha. Com relação a produção da teia, em algumas versões do Homem-Aranha, este também adquire a habilidade de produzir teia utilizando seu próprio organismo, já em outras versões, este cria lançadores de teia sintética. Tais habilidades apontadas aqui residem na raiz do contrafactual, pois nenhum ser humano é capaz de ter o sentido aranha, ou então produzir teias por meio do seu corpo, por exemplo.

### 3) Investigar a presença do discurso científico na FC: o que explica os superpoderes?

A presença do discurso científico permeia a história do Homem-Aranha desde a sua origem. Encontramos na literatura duas versões, ambas se apoiam nas ciências para sustentar a origem dos poderes do personagem. Interessante que as versões de sua origem evoluíram com a necessidade dos produtores de relacionar a ficção com a ciência, apoiando-se cada vez mais, em embasamentos científicos que fossem verossímeis e adaptados à história do personagem. Uma das explicações dadas sobre como Peter adquiriu seus poderes é produto de uma época em que o mundo vivia com medo de uma guerra nuclear e dos seus efeitos radioativos, no período da Guerra Fria em 1962. Nesta época, Stan Lee explica os poderes do herói usando como fonte de inspiração as notícias sobre radiação divulgadas pela mídia, assim como argumenta Piassi e Pietrocola (2007c), que os elementos contrafactuais das HQs, geralmente, são construídos a partir de uma relação com o conhecimento científico da sua época.

Assim a versão nos quadrinhos, como na revista *Amazing Fantasy #15* (LEE e DITKO, 1962), explica que Peter tornou-se o Homem-Aranha durante uma exposição de manipulação de resíduos do laboratório nuclear, em que uma aranha foi irradiada por um acelerador de partículas e, transferiu para o garoto a radiação, bem como, suas habilidades ao picá-lo. Com o passar dos anos e com a evolução do conhecimento sobre a radiação, esta versão perdeu sua credibilidade dando espaço para uma nova versão, com maior embasamento científico, levando em consideração conhecimentos da engenharia genética.

A outra versão surgiu em 2002, com o lançamento do filme *Spider-Man* (2002). Agora, a nova origem do super-herói tem como referência a engenharia genética e ocorre quando Peter é picado por uma aranha geneticamente modificada, nessa mesma exposição do laboratório nuclear. O genoma dessa aranha é fruto de uma combinação genética de outras três espécies, com o intuito do aprimoramento de seus atributos. Na história a guia do

laboratório passa informações sobre esses três tipos de aranhas: gênero *Delena* da família *Sparassidae*, que é retratada como uma aranha caçadora, capaz de realizar grandes saltos para capturar suas presas; gênero *Kukulcania*, da família *Filistatidae*, retratada como uma aranha fiandeira ou lançadora de teia; por último, uma aranha de grama, que caça usando reflexos nervosos ou o seu “sentido aranha”, a qual não tem sua família citada. Dessa forma, a picada da aranha é capaz de gerar uma combinação genética entre o DNA do personagem e o da aranha, ou seja, o DNA de Peter é transformado e ele passa também a ter genes do aracnídeo na sua estrutura genética. Portanto, essa combinação dos seus genes com os do aracnídeo modificados lhe proporcionam superpoderes, como os citados anteriormente, na segunda etapa.

Devido a essa transformação no DNA de Peter, os filmes *Spider-Man* (2002), *Spider-man 2* (2004) e *Spider-Man 3* (2007) e os quadrinhos Vingadores - A Queda (BENDIS e FINCH, 2004) retratam que o personagem produz as teias de aranha utilizando seu próprio organismo. Ele é capaz de liberá-las pelo pulso, sendo esta capacidade é conhecida pelos autores como produção orgânica de teia. Já nos quadrinhos originais, assim como nos filmes a partir de *The Amazing Spider-Man* (2012), a questão da produção de teias é modificada. Neste caso, a versão é conhecida como produção de teias sintéticas, em que Peter usa das suas habilidades científicas para criar lançadores de teia. Nesse lançador é utilizado um fluido que quando lançado em alta pressão transforma-se em fios, as teias.

Quando o super-herói não está utilizando suas teias, sejam elas sintéticas (elaboradas pelas habilidades do personagem “fora do organismo dele”) ou orgânicas (produzida pelo corpo do personagem), Peter pode escalar paredes com extrema facilidade. Essa capacidade se deve, como já explicado nos quadrinhos e nos filmes, à presença de micropelos em seus dedos capazes de interagir com a parede eletrostaticamente, que nas aranhas reais são denominados *Setae*. Outro elemento contrafactual do personagem em questão é a capacidade de prever o perigo utilizando-se do “sentido aranha”.

Em síntese, podemos verificar nesta terceira etapa que há uma forte presença do discurso científico das grandes áreas, exatas e biológicas, que surge na história do personagem para subsidiar os poderes do Homem-Aranha. A partir desses discursos científicos, que sustentam os poderes do Homem-Aranha, passaremos a explorar quais as possibilidades e a coerência desses superpoderes sob a luz da ciência (do discurso científico). Ou seja, iremos explorar conceitos da ciência motivados pelo discurso científico que sustentam os elementos contrafactuais do personagem.

#### **4) Explorar as possíveis explicações com base na literatura científica da área: quais as possibilidades e a coerência desses superpoderes sob a luz da ciência?**

Para responder essa questão e estabelecer relações preliminares com a etapa 3 (em que identificamos o discurso científico que sustenta os superpoderes do personagem), organizamos a discussão e apresentação em torno da engenharia genética, usada para sustentar a origem dos superpoderes do Homem-Aranha. Porém, antes de iniciar a relação das possibilidades desses superpoderes sob a luz da ciência para cada um dos superpoderes mencionados (1- a habilidade de escalar paredes; 2- força, velocidade, reflexos e resistência (sobre-humanos); 3- capacidade de realizar grandes saltos; 4- “produção” de teias e 5- sentido aranha), estabelecemos a seguir algumas considerações sobre a engenharia genética, pois a versão mais recente da origem do Homem-Aranha se apoia nos estudos dessa área de conhecimento. Assim, é válido tecer algumas compreensões sobre o assunto, já que todas as habilidades de Peter advêm da combinação genética do DNA modificado da aranha com o DNA do jovem personagem.

Para isso, é necessário entender do que se trata a engenharia genética e por que a versão inicial sobre a origem do herói ocasionada pela picada radioativa da aranha foi desprezada. A pesquisadora da EMBRAPA, Maria Cristina Rocha Cordeiro explica que a

Engenharia Genética constitui um conjunto de técnicas de análises moleculares que possibilitam estudos como os de caracterização, expressão e modificações do DNA e do RNA dos seres vivos, ou seja, seu material genético (CORDEIRO, 2003). O objetivo da Engenharia Genética é produzir melhorias genéticas nos seres, aprimorando suas funções de modo benéfico ao homem ou para produção de substâncias de grande interesse científico, como no caso das cabras modificadas geneticamente com genes de aranhas que possuem a capacidade de produzir proteínas utilizadas nas sedas de aranha (XU et al., 2007).

Como mencionado, a primeira versão (originada dos quadrinhos, na revista *Amazing Fantasy #15*), explica que Peter tornou-se o Homem-Aranha devido a uma aranha irradiada por um acelerador de partículas transferir para o garoto a radiação e suas habilidades ao picá-lo. Esta versão surgiu em meio a um período em qual era iminente uma guerra nuclear onde a radiação não era conhecida popularmente, apenas seus efeitos danosos provenientes das bombas de *Hiroshima* e *Nagasaki*.

Atualmente são conhecidas inúmeras aplicações da radiação além de bombas nucleares, como o forno micro-ondas e, como explicou Vollrath (2015), uma exposição a uma aranha radioativa com massa tão desprezível não causaria nenhuma alteração genética, sendo irrelevante. Sabe-se atualmente que estamos expostos a vários tipos de radiações no meio ambiente, como a radiação cósmica (proveniente do espaço), a radiação terrestre (proveniente dos radionuclídeos presentes no solo) ou até mesmo em alimentos, na água ou no ar, que influenciam muito mais na exposição à radiação do que uma simples aranha radioativa. O máximo que poderia ocorrer seria o envenenamento, o que dependerá se a espécie fictícia (presente na história) é venenosa ou não. Outra observação interessante a se fazer é que ser irradiado ou exposto à radiação, como essa aranha fictícia foi, não é o mesmo que ser radioativo, como elementos como o urânio, o que significaria que seu corpo contém matéria radioativa.

Então, esta primeira versão foi modificada pela versão que leva em consideração conhecimentos da engenharia genética, das combinações genéticas para modificação do DNA. Apesar disso, também há muitas críticas sobre a pseudociência envolvida para explicá-la. A principal consideração feita refere-se a modificação de todo seu DNA por uma simples picada de uma aranha, o que seria impossível visto que cada célula do corpo possui sua própria cópia do genoma e sua função. Explicado os conceitos científicos que embasaram suas origens debateremos a seguir os conceitos envolvidos em cada habilidade do herói, seus elementos contrafactuais (1- a habilidade de escalar paredes; 2- força, velocidade, resistência e reflexos (sobre-humanos); 3- capacidade de realizar grandes saltos; 4- "produção" de teias e 5- sentido aranha).

## **5) O discurso científico e as relações com o contrafactual: os superpoderes sob a luz da ciência**

### **5.1 Habilidade de escalar paredes**

Uma das habilidades mais úteis do Homem-Aranha é a habilidade de escalar paredes, essa característica peculiar pode ser comparada com as habilidades de lagartixas, aranhas e insetos que escalam e se mantêm nas paredes sem cair. A semelhança entre esses animais e o herói é a presença de pelos microscópicos denominados setas ou cerdas. As setas possuem várias ramificações com estruturas minúsculas chamadas espátulas, as quais interagem com as moléculas da superfície devido ao seu tamanho por meio de interações de Van der Waals e do sistema de adesão (SHIGUEMATU, 2011). Esse sistema adesivo permite que os animais possam escalar superfícies lisas verticais ou invertidas, dando a eles novas possibilidades de habitat. Como explica Labonte et al. (2016), a força de adesão é uma relação entre a proporção da massa do corpo do ser vivo e o tamanho de sua área de contato com a superfície. Sendo assim, quanto maior o animal maior terá que ser a área coberta por setas, como por exemplo,

pode-se observar o aumento dessa área nas formigas (0,09%), aranhas (0,92%), baratas (0,43%) e lagartixas (4,3%).

Devido a isso é interessante destacar que essa habilidade não está presente em animais de grande porte, por exemplo, pois está sujeita a restrições físicas que são dependentes do tamanho do animal e aos traços adaptativos, evoluindo de forma independente em artrópodes, répteis, anfíbios e em mamíferos. No entanto, esse elemento contrafactual aparece em um trecho do filme *Spider-Man* (2002), no qual é mostrada a presença das setas, crescendo nos dedos das mãos do Peter depois de ter sido picado e, após isso realiza a sua primeira de muitas escaladas. Mas algo pode ser questionado quanto a isso. Essa quantidade de setas em seus dedos e pés seria suficiente para garantir sua habilidade de escalada? De acordo com o que diz Labonte et al. (2016), isso não seria possível visto que para um homem conseguir escalar as paredes como os animais mencionados anteriormente, seria necessário uma cobertura de pelos correspondente a 40% do seu corpo, o que não observamos no personagem, Homem-Aranha.

Por outro lado, esse sistema de adesão baseado na escalada dos animais e até mesmo do Homem-Aranha foi utilizado como inspiração para criação de luvas e botas adesivas (HAWKES et al., 2015) e até mesmo, na construção de um robô lagartixa capaz de escalar qualquer tipo de superfície, chamado de *Stickybot* (KIM et al., 2008). Essas criações biomiméticas podem ser úteis para facilitar a ida a locais de difícil acesso e poderiam ser usadas, por exemplo, por bombeiros para salvar vidas.

Em síntese, observa-se a importância desse elemento contrafactual tanto para o estudo e criação de novos materiais, quanto para o ensino das interações intermoleculares a nível macroscópico. Logo, as setas nas pontas dos dedos de Peter podem ser utilizadas para estudo e discussão de como esse fenômeno, que embora contrafactual, auxilia em sua habilidade de escalar as paredes. Nesse sentido, a argumentação científica para desmistificar e compreender essa habilidade pode usar como exemplo, o assunto forças intermoleculares, em específico interação de *Van der Waals*.

## 5.2 Força, velocidade, resistência e reflexo (sobre-humanos)

Os filmes e histórias em quadrinhos evidenciam as habilidades sobre-humanas de Peter Parker, tais como resistência e reflexos e também aparecem em destaque sua força e velocidade. Sobre a força e velocidade estas aparecem relacionadas ao crescimento da musculatura do personagem, pois na manhã seguinte de ser picado, pela aranha radioativa no filme *Spider-Man* (2002), Peter observa que seu corpo ganhou músculos. A partir daí, ele desenvolve sua força e sua velocidade. Assim, o ganho de massa muscular permite o herói carregar toneladas e suportar peso de destroços ou blocos de concreto. Além disso, os músculos permitem que o personagem tenha uma velocidade maior ao correr. Então, pressupõe-se que o desenvolvimento da musculatura tenha permitido a melhoria em sua força e velocidade. Mas, como houve esse crescimento dos músculos? Como isso pode estar relacionado à força e a velocidade?

Na literatura encontramos que as fibras musculares não crescem sem que tenha um estímulo, como atividade física, por exemplo. Ou seja, para ter um aumento de massa muscular, é necessário elevar a espessura da mesma e isso tem a ver com o surgimento de novas miofibrilas. Para produzi-las é necessário ativar o RNA mensageiro (RNAm) que consequentemente irá fazer a síntese proteica muscular. Essa ativação pode ser motivada por um estresse mecânico provocado por exercícios intensos, sendo que a sua regularidade pode ajudar na manutenção desses músculos. (ANDERSEN, SCHJERLING e SALTIN, 2000) Logo, não há como músculos de Peter terem crescido de um dia para outro, como foi observado pelo herói.

O ganho de músculo também está relacionado com aumento na produção de actina e miosina, que são as proteínas responsáveis por contraírem os músculos. Assim com mais

proteínas de contração, a força muscular aumentaria já que a quantidade de força desenvolvida depende do número de pontes cruzadas de miosina que irão interagir com os locais ativos na actina. Desta forma, a força poderia estar relacionada ao aumento dessas pontes de miosina-actina. Assim, como mencionado anteriormente, não há como isso acontecer de repente. Esse ganho de força e, portanto, de massa magra (massa muscular) é um processo lento e de longo prazo. Também deve ser levado em consideração que para esse aumento muscular ocorrer, a prática de exercícios deve estar em conjunto com uma alimentação adequada. (FLECK e KRAMER, 2017) Portanto, os músculos crescem basicamente com estímulo proporcionado por uma prática de exercícios físicos adequados que provocam o aumento de miofibrilas, de filamentos de actina-miosina, conteúdo sarcoplasmático, tecido conjuntivo ou combinação de todos estes fatores. (FLECK e KRAMER, 2017)

Com relação à resistência do Homem-Aranha esta pode estar ligada a maior liberação de endorfina pelo seu cérebro, sendo esta um neurotransmissor que possui grande poder analgésico levando ao aumento da sua resistência a dor (MENEZES, MOREIRA e BRANDÃO, 2010). Outro fator é o exoesqueleto de aranhas saltadoras constituído de quitina, substância que o endurece, protegendo-o e conseqüentemente aumentando sua resistência. (VENTURA, MELLO-PATIU e MEJDALANI, 2004)

Sobre os reflexos do Homem-Aranha, este é justificado por sua habilidade denominada "sentido aranha". Esta habilidade dá a capacidade ao personagem de prever o perigo e imediatamente reagir desviando de ataques. O funcionamento sentido aranha será especificado logo mais.

Percebe-se que a argumentação científica para desmistificar e compreender essas habilidades estão pautadas nos conceitos das Ciências Biológicas, Física e também podemos articular com a Química devido à presença de conceitos como proteína e neurotransmissores, por exemplo. Isso significa que nossa proposta indica intersecções profícuas e interessantes entre as diferentes áreas do conhecimento, o que pode auxiliar a interdisciplinaridade.

### 5.3 Capacidade de realizar grandes saltos

Outro elemento contrafactual é a habilidade de realizar saltos que vão além da capacidade humana. Partindo do pressuposto que Peter herdou as habilidades de uma aranha, podemos exemplificar esse superpoder usando como referência, as aranhas saltadoras da família *Salticidae*. Estas aranhas não são capazes de tecer teias, sendo assim para se alimentar utilizam da sua visão, do seu sentido aranha, de suas vantagens locomotoras para caçar ativamente suas presas (HILL, 1979; GALIANO, 1992), saltando sobre estas para capturá-las, ou até mesmo, executá-las em comportamento conhecido como "*snatching*", roubando materiais transportados por formigas para se alimentar (HALFELD, 2015).

As vantagens locomotoras que esses aracnídeos possuem é devido ao exoesqueleto, constituído principalmente por quitina ( $C_8H_{13}O_5N$ ), proteínas, lipídios e até mesmo por carbonato de sódio ( $Na_2CO_3$ ). Essa estrutura permite que o corpo tenha uma proteção com função de armadura, sem sacrificar a mobilidade e a agilidade do animal, permitindo que as placas dos segmentos do corpo das aranhas possam ter juntas móveis, garantindo o movimento e a articulação entre as partes do corpo do aracnídeo. (VENTURA, MELLO-PATIU E MEJDALANI, 2004; GULLAN e CRANSTON, 2008) Sendo assim, pode-se presumir que essas vantagens locomotoras atreladas à modificação genética foram utilizadas como discurso científico para pautar a ideia de que Peter melhoraria sua condição física e capacidade de locomoção, podendo assim realizar grandes saltos.

Percebe-se que essa habilidade toma como apoio conceitos da Química, da Física e também das Ciências Biológicas, pois compreendemos que assim como as habilidades de força, velocidade, resistência e reflexo (sobre-humanos) apresentam intersecções profícuas, essa habilidade de realizar grandes saltos também pode auxiliar na interdisciplinaridade.

## 5.4 Produção de teias

Em relação às teias desse super-herói, como já mencionado, há basicamente duas versões para serem exploradas: a produção de teia em seu próprio organismo (a produção de teia orgânica) e a produção de teia elaborada pelos conhecimentos científicos de Peter (produção de teia sintética) que serão discutidas a seguir.

### 5.4.1 produção de teia orgânica

Cientificamente, uma teia de aranha é definida como sendo uma rede de fios de seda criados naturalmente a partir de glândulas localizadas no abdômen que produzem fibras proteicas e são excretadas por fiéis (SARAVANAN, 2006). É interessante destacar que as aranhas que sintetizam suas próprias teias são classificadas como aranhas construtoras ou tecedoras e o desenvolvimento da capacidade de produção de teia por esse aracnídeo pode ser atribuído à necessidade de adaptação ao ambiente, para proteção e captura de presas (BLACKLEDGE, CODDINGTON e GILLESPIE, 2003). A seda utilizada pela aranha para produção da teia é caracterizada por sua composição química, sendo constituída de proteínas denominadas espidroínas. Segundo Pinto (2014), essas proteínas são armazenadas nas glândulas em seu abdômen, junto a uma solução líquida cristalina e aquosa, na qual a aranha utiliza de um mecanismo que evita a organização das proteínas e interações prematuras antes de serem expelidas e liberadas pelo duto de fiação possibilitando a solidificação das fibras.

Importante salientar também que nem todas as aranhas constroem ou tecem teias regulares, essas são classificadas como errantes, sejam elas territoriais ou caçadoras. Um exemplo de aranhas errantes são as aranhas saltadoras da família *Salticidae*, que como vimos e como explicam Hill (1979) e Galiano (1992), ao invés de construir teias e serem adeptas ao sedentarismo, estas caçam ativamente pulando sobre suas presas, o que explica seu codinome. Essa capacidade de efetuar grandes saltos das aranhas pertencentes a *Salticidae* foi utilizada como base científica para explicar e justificar também essa mesma capacidade para o Homem-Aranha, como citado anteriormente.

Sobre os aracnídeos que produzem teias, encontramos na literatura a existência de vários tipos de glândulas, totalizando até então sete, em que cada uma delas é responsável pela produção de um determinado tipo de seda. O que determina a presença e a quantidade de cada uma dessas glândulas é o gênero e a espécie da aranha. Os diferentes fios de seda produzidos por elas são utilizados para vários fins, como: captura da presa, reprodução, linha de escape de predadores, confecção dos ninhos e, principalmente, tecer as teias pelas quais capturam seus alimentos (GOLE e KUMAR, 2012; VOLLRATH, 2000). Sobre esse assunto Saravanan (2006) relacionou os tipos de glândula, seda e sua função no Quadro 1.

**Quadro 1:**Tipos de glândulas, seda e sua função.

SEDA	GLÂNDULA	FIANDEIRA USADA	FUNÇÃO	COMPOSIÇÃO AMINOÁCIDICA
Fio de Segurança (Dragline)	Ampulada Maior (Major Ampullate)	Anterior/Mediana	Estrutura dos raios das teias espirais e linha de segurança	Glicina (37%), Alanina (18%), pequenas cadeias de extremidade (62%) e polares (26%)
Viscosa (Viscid)	Flageliforme (Flagelliform)	Posterior	Captura de presas e espirais pegajosas	Glicina (44%), Prolina (21%), pequenas cadeias de extremidade (56%) e polares (17%)
Cola (Glue-like)	Agregada (Aggregate)	Posterior	Captura de presas e ligação	Glicina (14%), Prolina (11%), Cola polar (49%) e pequenas cadeias de extremidade (27%)

Menor (Minor)	Ampulada Menor (Minor Ampullate)	Anterior/Mediana	Estrutura das teias espirais	Glicina (43%), Alanina (37%), pequenas cadeias de extremidade (85%) e polares (26%)
Casulo (Cocoon)	Cilíndrica ou Tubuliforme (Cylindrical)	Mediana/Posterior	Reprodução	Serina (28%), Alanina (24%), pequenas cadeias de extremidade (61%) e polares (50%)
Invólucro (Wrapping)	Aciniforme (Aciniform)	Mediana/Posterior	Envolver presas capturadas	Serina (15%), Glicina (13%), Alanina (11%), pequenas cadeias de extremidade (40%) e polares (47%)
Ligação (Attachment)	Piriforme (Piriform)	Anterior	Ligação	Serina (15%), Cadeias de extremidade (32%) e polares (58%)

Fonte: Adaptado de Saravanan (2006) (tradução nossa).

Diante dos diferentes tipos de seda (teias das aranhas) é válido destacar que existe um imenso interesse industrial no desenvolvimento de materiais sintéticos que imitam o desempenho mecânico desses biopolímeros proteínicos. A alta resistência mecânica, a biodegradabilidade, a biocompatibilidade e a facilidade de manipulação tornam-se os principais atrativos da seda como biomimética possível (GOSLINE et al., 1999; VOLLRATH, 2000; DU et al., 2006; KLUGE et al., 2008). Apesar de tal interesse, os mecanismos que regulam a função da seda de aranha não são bem compreendidos (CRAIG, 2003) e a inviabilidade na domesticação de aranhas, devido ao seu comportamento hostil e canibal (KLUGE et al., 2008) gera uma dificuldade de produção dessas fibras em escala industrial. Pesquisas destinadas a emular a síntese de seda concentraram-se na compreensão das relações entre a genética, as sequências de aminoácidos e as propriedades físicas da seda (GOSLINE et al., 1999; HAYASHI, SHIPLEY e LEWIS, 1999; VOLLRATH, 2000)

Assim, para que Peter fosse capaz de tecer suas próprias teias orgânicas, ele teria que desenvolver tais glândulas, produzir proteínas e excretá-las por suas fiandeiras. Mesmo que isso fosse possível, baseado no mecanismo natural de uma aranha, ele seria capaz apenas de tecer somente alguns tipos de teias e não vários tipos, como sugerido na história, já que existem glândulas específicas para cada teia e, além disso, não dispararia teias em longas distâncias como é mostrado nos filmes *Spider-Man* (2002), *Spider-Man 2* (2004) e *Spider-Man 3* (2007). Houve uma ocasião em 2004, após a publicação de Vingadores (A Queda, no arco das histórias em quadrinho de *The Spectacular Spider-Man* #15 (JENKINS e RYAN, 2004)), em que Peter foi transformado em uma aranha. Neste caso, como Peter passou a ser um aracnídeo, ele abandona a teias artificiais e seus lançadores, já que não precisaria mais desse artifício uma vez que ele era uma verdadeira aranha. No entanto, nos quadrinhos, desde suas primeiras aparições em 1962 na revista *Amazing Fantasy* (LEE e DITKO, 1962), Peter ao invés de produzir teias em seu próprio organismo, como se fosse uma aranha, usa seus conhecimentos para produzir cartuchos de teia artificiais para empregar em seus lançadores de teia. Sendo assim, a versão mais atual, inclusive utilizada no último filme lançado da saga – *Spider-Man: Far From Home* (2019), é a que Peter utiliza esses lançadores.

É interessante observar também que em muitas partes da trilogia cinemática de *Spider-Man* (SPIDER-MAN, 2002; SPIDER-MAN 2, 2004; SPIDER-MAN 3, 2007) há a presença de diferentes fios de seda utilizados para específicas funções, como as descritas anteriormente por Gole e Kumar (2012) e também por Vollrath (2000): formação de casulos para captura de inimigos, fios de escape e suporte e, principalmente, teias orbiculares. Porém, mesmo notando a presença das respectivas teias, seria impossível Peter conseguir tecê-las sem a presença de glândulas e fiandeiras, o que não vemos presente em seus pulsos (ou abdômen e, como dito,

dispará-las a longas distâncias. Outra observação é que as aranhas reutilizam suas teias para poupar energia de produzi-las novamente (OPELL, 1998), atitude que não observamos em Peter.

#### 5.4.2 A teia sintética

Diferentemente desta versão orgânica de teia, nas primeiras aparições do Homem-Aranha no universo dos quadrinhos em 1962, Peter é um gênio das ciências e consegue desenvolver sozinho um material parecido com as sedas das aranhas, o qual coloca em cartuchos e consegue lançar utilizando seus lançadores de teia. Devido às divergências com cenário e o contexto científico em que passa a história, as propriedades das fibras sintéticas de seda ainda eram pouco conhecidas e estudadas e por isto optaram pela modificação representativa no universo cinematográfico desse material sintético para a produção de teia orgânica. Porém, com o avanço científico na criação de fibras sintéticas e com a modificações genéticas de animais como cabras para a produção de proteína da seda em seu leite (XU et al., 2007), esta versão de teia sintética ganhou ênfase novamente.

Atualmente, apesar do grande crescimento do número de pesquisas nessa área e da possibilidade da criação de fibras sintéticas, suas propriedades ainda estão longe das apresentadas pelas fibras produzidas pelas próprias aranhas. Tais constatações nos instigam a pensar em dois pontos, tendo como base a versão de *Amazing Fantasy #15* (LEE e DITKO, 1962): 1- como um estudante do ensino médio, consegue produzir dentro de seu próprio quarto, sem os equipamentos necessários, fibras de teias artificiais?; 2- Qual material ele teria usado para fazer suas teias?

Uma das respostas possíveis sobre a composição das teias artificiais de Peter são os nanotubos de carbono, devido à suas incríveis propriedades mecânicas e leveza (SOUZA FILHO e FAGAN, 2007). Nanotubos de carbono são caracterizados por sua forma cilíndrica de folhas de grafeno e podem ser utilizados como elementos de reforço na seda de aranha, como no estudo realizado por Lepore et al. (2015) na formação de um novo compósito que resultou em melhorias em suas propriedades mecânicas como resistência a fratura, módulo de Young e tenacidade em comparação com a seda natural.

Independente de qual seja a composição deste material é indiscutível o quão forte ele é, já que consegue impedir que um carro arremessado caísse sobre algumas pessoas durante as lutas com seus inimigos, em vários trechos de filmes e quadrinhos. Como estipulado por Allain (2014), a tensão que seria necessária para romper uma destas teias seria de pelo menos 39,200 Newtons, além disso, ele também calcula o quanto de teia o Homem-Aranha poderia carregar em seus cartuchos, a velocidade da teia disparada e o tamanho dela. Os resultados apresentados contrariam o que é mostrado no filme.

Inúmeros são os conceitos envolvidos para explicar como a habilidade de Peter Parker para produzir teias de aranha orgânicas ou sintéticas funcionam, como: anatomia de aracnídeos, composição química das teias de aranha, o comportamento das várias espécies de aranhas, e até mesmo, como é possível calcular a força das teias do Homem-Aranha e outras variáveis utilizando de conceitos da Física (GONZAGA et al., 2014; OLIVEIRA, 2006). Assim como os autores Da-Silva (2015) e Cardoso et al. (2013) mostram como tornar possível o ensino de Biologia utilizando a temática aranhas há também um grande potencial para o ensino interdisciplinar utilizando desse elemento contrafactual: a teia de aranha de Peter Parker, para o ensino de Química e de Física, por exemplo.

#### 5.5 Sentido aranha

A capacidade do Homem-Aranha de prever o perigo e imediatamente reagir é denominada sentido aranha. Este elemento contrafactual possui embasamento científico inspirado na capacidade das aranhas de sentir as variações de vibrações no ar através de

pequenos pelos chamados tricobótrios, ou caso sejam aranhas tecedoras, sentir também as vibrações em sua teia quando predadores se aproximam.

Aranhas saltadoras da família *Salticidae* são um ótimo exemplo disso, apesar de serem famosas por guiar seu comportamento pela visão, estudos realizados por Shamble et al. (2016) revelaram a partir de evidências neurofisiológicas e comportamentais, que a percepção desses animais também está relacionada com o estímulo acústico no ar. Seus experimentos comportamentais permitiram mostrar que uma aranha da espécie *Phidippus audax* responde a um som de baixa-frequência com um comportamento antipredatório de congelamento. Além disso, a estimulação mecânica direta dos pelos (tricobótrios) na patela da perna dianteira foi suficiente para gerar respostas em unidades neurais que também responderam a estímulos acústicos no ar - evidência de que esses pelos provavelmente desempenham um papel na detecção das vibrações produzidas pelo som, já que as aranhas não possuem ouvidos, além de permitirem a detecção de presas em até 3 metros, facilitando o tempo de resposta ao estímulo.

O que explica o funcionamento desses pelos sensitivos, os tricobótrios, é o fato deles se ligarem diretamente as células nervosas garantindo uma resposta rápida ao estímulo (FRIEDEL e BARTH, 1997; BARTH et al., 1993). Recentemente, um grupo de pesquisa desenvolveu um dispositivo que permite um usuário vendado perceber o ambiente próximo a ele e ter conscientização direcional de objetos ao seu redor, tudo isso graças aos milhões de receptores sensoriais que cobrem a pele e transmitem alertas e mensagens. O dispositivo foi denominado de "*SpiderSense*" (sentido aranha, em português).

Além de se guiar pelo seu sentido aranha, o comportamento das aranhas também se baseia em sua visão, como mostrado por Nagata et al. (2012). Em seus estudos com a aranha saltadora da espécie *Hasarius adansoni*, descobriu-se que estas possuem uma retina única com quatro camadas de fotorreceptores. Ambas as camadas profundas (duas) apresentaram sensibilidade à pigmentação verde, entretanto ao analisar as camadas de um dos olhos frontais, descobriu-se que esta incompatibilidade está relacionada ao fato de que camada secundária mais profunda sempre recebe imagens desfocadas e a última consegue obter imagem focada. Essa diferença de imagem nítida e desfocada, relacionadas à profundidade proporciona às aranhas a capacidade de identificarem suas presas garantindo-lhes vantagens visuais.

Com relação a isso o trecho do filme *Spider-Man* (2002), evidencia as mudanças na sua visão de Peter, quando percebe que não necessita mais utilizar óculos para corrigir sua miopia. Tal fato nos leva a relacionar que essa melhora em seu corpo e a melhoria na percepção de profundidade da sua visão pode estar relacionada a mudança em seu DNA após receber novos genes de uma aranha saltadora, como citado no parágrafo anterior. Nagata et al. (2012) e Ushizima (2010) explicam que as aranhas saltadoras possuem uma ótima percepção de profundidade o que pode ter sido utilizado como base científica para justificar a correção no problema da visão de Peter. Atrelado a suas vantagens locomotoras e sua visão que lhe permite visualizar com precisão suas presas, a capacidade de realizar saltos também estaria relacionada a capacidade de perceber com rapidez onde está essa presa, ou seja aos seus reflexos, como explicado no sentido aranha.

## REFLEXÕES FINAIS

Muitos trabalhos que relacionam a HQ articuladas ao ensino de ciências seguem a tendência de construir a sua própria HQ, ou seja, são os alunos ou até mesmo o próprio professor, que criam histórias utilizando conceitos da ciência. Nos trabalhos encontrados na literatura fica evidente o potencial das HQs em favorecer o processo de ensino-aprendizagem e desta forma são consideradas um instrumento didático com potencial para gerar o interesse e a autonomia dos estudantes promovendo a aprendizagem de conceitos. Tendo em vista essa

importância e que não encontramos na literatura registro de trabalhos sobre HQs americanas (*Comic Books*), relacionados à Ciência/Química, e que também há uma carência de produções que articulem a literatura de ficção científica (FC) e a ciência, por meio das HQs, foi então que sugerimos essa metodologia frutífera para professores da educação básica, relatada neste artigo.

Acreditamos que nossa proposta é um caminho possível, mas não único, já que o referencial teórico aponta sete possibilidades para o uso da FC em sala de aula. Entendemos que a metodologia exposta apresenta um elemento inovador que é o uso de histórias em quadrinhos (HQ) americanas da editora *Marvel Comics*, para aproximação entre a literatura de ficção científica (FC) e a ciência. Além disso, essa metodologia coloca o estudante como sujeito ativo e que trabalha em conjunto com o professor para desvendar os elementos contrafactuais do personagem. A proposta segue uma forma dinâmica, interativa e divertida, com a finalidade de promover o ensino dos conceitos científicos.

Em síntese, a metodologia de uso da HQ americana, partindo de um personagem para o ensino de ciências permite também trabalhar: diferentes tipos de linguagens; desenvolver senso crítico; permite desenvolver questões interdisciplinares; e não menos importante permite incentivar os estudantes na leitura tanto de textos científicos como também de ficção científica. Enfim, esperamos que nossa metodologia ajude a explorar a HQ de forma diferente do que vem sendo proposto nas aulas de ciências e possa incentivar futuras pesquisas, e em igual medida, ampliar as estratégias deste recurso didático aos docentes.

## REFERÊNCIAS

- ALLAIN, R. The Physics of Spider-Man's Webs. **Wired: Dot-Physics**, 2014. Disponível em: <<https://www.wired.com/2014/04/the-physics-of-spider-mans-webs/>>.
- ALMEIDA, M. J. P. M. O texto escrito na educação em Física: enfoque na divulgação científica. In: ALMEIDA, M. J. P. M. de; SILVA, H. C. (orgs.). **Linguagens, Leituras e Ensino da Ciência**. Campinas: Mercado de Letras, 1998. p. 53–68.
- ANDERSEN, J. L.; SCHJERLING, P.; SALTIN, B. Muscle, genes and athletic performance. **Scientific American**, v. 283, n. 3, p. 48-55, 2000.
- BARTH, F. G.; WASTL, U.; HUMPHREY, J. A.; DEVARAKONDA, R. Dynamics of arthropod filiform hairs. II. Mechanical properties of spider trichobothria (*Cupiennius salei* Keys.). **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 340, n. 1294, p. 445-461, 1993.
- BENDIS, B. M.; FINCH, D. **Vingadores - A Queda**. Nova Iorque: Marvel Comics, 2004.
- BLACKLEDGE, T. A.; CODDINGTON, J. A.; GILLESPIE, R. G. Are three-dimensional spider webs defensive adaptations? **Ecology Letters**, v. 6, n. 1, p. 13-18, 2003.
- BRAKE, M.; THORNTON, R. Science fiction in the classroom. **Physics education**, v. 38, n. 1, p. 31, 2003.
- BRASIL. **Diretrizes curriculares para o Ensino Médio**. Brasília: Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2013.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.
- BRASIL. Secretaria de Ensino Básico. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília, 2006.
- BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Parecer homologado sobre processo n. 23001.000196/2005-41. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para a Educação Básica**. Diário Oficial da União, Brasília, 2010.

CAMARGO, A. M. M. Tendências nos currículos dos cursos de formação de professores para as séries iniciais. In: **Anais da 29ª Reunião Anual da ANPEd**, 2015.

CARDOSO, J. C. F.; FARIA, T. M.; CLEMENTE, T. M.; JACOBUCCI, G. B. Na teia do conhecimento: a biologia das aranhas trabalhada por meio do ensino por projetos. **Em Extensão**, v. 12, n. 1, 2013.

CAVALCANTE, K. S. B.; SILVA, F. C.; MACIEL, A. P.; LIMA JÚNIOR, J. A. S.; RIBEIRO, J. S. S.; SANTOS, P. J. C.; PINHEIRO, A. E. P. Educação Ambiental em histórias em quadrinhos: Recurso didático para o ensino de Ciências. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. 4, p. 270-277, 2015.

CHASSOT, A. **Para que (em) é útil o ensino?** 2ª Edição. Canoas: Ulbra, 2004.

CORDEIRO, M. C. R. Engenharia genética: conceitos básicos, ferramentas e aplicações. **Embrapa Cerrados-Documentos (INFOTECA-E)**, 2003.

CRAIG, C. L. **Spiderwebs and Silk: Tracing Evolution from Molecules to Genes to Phenotypes**. Oxford: Oxford University Press, 2003.

DARK, M. L. Using science fiction movies in introductory physics. **The Physics Teacher**, v. 43, n. 7, p. 463-465, 2005.

DA-SILVA, E. R. Quem tem medo de aranhas? Análise da HQ Aracnofobia à luz da Zoologia. **Revista Urutúgua**, n. 32, p. 10-24, 2015.

DU, N.; LIU, X. Y.; NARAYANAN, J.; LI, L.; LIM, M. L. M.; LI, D. Design of superior spider silk: from nanostructure to mechanical properties. **Biophysical journal**, v. 91, n. 12, p. 4528-4535, 2006.

FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J. **Fundamentos do Treinamento de Força Muscular**. 4ª edição. Artmed Editora, 2017.

FRANCISCO JUNIOR, W. E.; GAMA, E. J. S. História em quadrinhos para o ensino de química: contribuições a partir da leitura de licenciandos. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 16, n. 1, p. 152-172, 2017.

FRIEDEL, T.; BARTH, F. G. Wind-sensitive interneurons in the spider CNS (*Cupiennius salei*): directional information processing of sensory inputs from trichobothria on the walking legs. **Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology**, v. 180, n. 3, p. 223-233, 1997.

GALIANO, M. E. The biology of *Dryphias aeneus* (Araneae: Salticidae). **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, v. 51, n. 1-4, 1992.

GOLE, R. S.; KUMAR, P. Spider's silk: Investigation of spinning process, web material and its properties. **Biological Sciences and Bioengineering**, IIT Kanpur, India, 2012.

GONZAGA, L. A.; MACETI, H.; LAUTENSCHLEGUER, I.; LEVADA, C. A física dos super-heróis de quadrinhos (HQ). **Caderno de Física da UEFS**, v. 12, n. 1, p. 7-30, 2014.

GOSLINE, J. M.; GUERETTE, P. A.; ORTLEPP, C. S.; SAVAGE, K. N. The mechanical design of spider silks: from fibroin sequence to mechanical function. **Journal of Experimental Biology**, v. 202, n. 23, p. 3295-3303, 1999.

GULLAN, P.J.; CRANSTON, P.S. **Os Insetos: Um resumo de Entomologia**. 3ª edição. São Paulo: Roca, 2008. 456 pp.

HALFELD, V. R. Comportamento Predatório Incomum de *Menemerus bivittatus* (Dufour) (Araneae, Salticidae). **EntomoBrasilis**, v. 8, n. 2, p. 162-164, 2015.

HAWKES, E. W.; EASON, E. V.; CHRISTENSEN, D. L.; CUTKOSKY, M. R. Human climbing with efficiently scaled gecko-inspired dry adhesives. **Journal of The Royal Society Interface**, v. 12, n. 102, p. 20140675, 2015.

HAYASHI, C. Y.; SHIPLEY, N. H.; LEWIS, R. V. Hypotheses that correlate the sequence, structure, and mechanical properties of spider silk proteins. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 24, n. 2-3, p. 271-275, 1999.

HILL, D. E. Orientation by jumping spiders of the genus *Phidippus* (Araneae: Salticidae) during the pursuit of prey. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 5, n. 3, p. 301-322, 1979.

JENKINS, P.; RYAN, M. **The Spectacular Spider-man**. 15ª edição. Nova Iorque: Marvel Comics, 2004.

KIM, S.; SPENKO, M.; TRUJILLO, S.; HEYNEMAN, B.; SANTOS, D.; CUTKOSKY, M. R. Smooth vertical surface climbing with directional adhesion. **IEEE Transactions on robotics**, v. 24, n. 1, p. 65-74, 2008.

KLUGE, J. A.; RABOTYAGOVA, O.; LEISK, G. G.; KAPLAN, D. L. Spider silks and their applications. **Trends in Biotechnology**, v. 26, n. 5, p. 244-251, 2008.

LABONTE, D.; CLEMENTE, C. J.; DITTRICH, A.; KUO, C. Y.; CROSBY, A. J.; IRSCHICK, D. J.; FEDERLE, W. Extreme positive allometry of animal adhesive pads and the size limits of adhesion-based climbing. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 5, p. 1297-1302, 2016.

LEE, S.; DITKO, S. **Amazing Fantasy**. 15ª edição. Nova Iorque: Marvel Comics, 1962.

LEITE, B. S. Histórias em Quadrinhos e Ensino de Química: Propostas de Licenciandos para uma atividade lúdica. **Revista Eletrônica Ludus Scientiae**, v. 1, n. 1, p. 58-74. Foz do Iguaçu, 2017.

LEPORE, E.; BONACCORSO, F.; BRUNA, M.; BOSIA, F.; TAIOLI, S.; GARBEROGLIO, G.; FERRARI, A. C.; PUGNO, N. M. Silk reinforced with graphene or carbon nanotubes spun by spiders. **arXiv preprint arXiv:1504.06751**, 2015.

MENEZES, C. R. O.; MOREIRA, A. C. P.; BRANDÃO, W. B. Base neurofisiológica para compreensão da dor crônica através da acupuntura. **Revista Dor**, v. 11, n. 2, p. 161-8, 2010.

MESQUITA, N. A. S.; SOARES, M. H. F. B. Aspectos históricos dos cursos de licenciatura em química no Brasil nas décadas de 1930 a 1980. **Química Nova**, v. 34, n. 1, p. 165-174, 2011.

NAGATA, T.; KOYANAGI, M.; TSUKAMOTO, H.; SAEKI, S.; ISONO, K.; SHICHIDA, Y.; TOKUNAGA, F.; KINOSHITA, M.; ARIKAWA, K.; TERAKITA, A. Depth perception from image defocus in a jumping spider. **Science**, v. 335, n. 6067, p. 469-471, 2012.

OLIVEIRA, A. A.; ZANETIC, J. Critérios para analisar e levar para a escola a ficção científica. In: **Anais do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. Curitiba, 2008.

OLIVEIRA, L. D. Aprendendo Física com o Homem-Aranha: utilizando cenas do filme para discutir conceitos de física no ensino médio. **Revista Física na Escola**, v. 7, n. 2, p. 79-83, 2006.

OLIVEIRA, L. M.; FERREIRA, K. A. A. A física e os super-heróis: uma forma divertida de falar de ciência. **Revista ciências & ideias**. v. 9, n. 3, p. 169-182, 2018.

OPELL, B. D. Economics of spider orb-webs: the benefits of producing adhesive capture thread and of recycling silk. **Functional Ecology**, v. 12, n. 4, p. 613-624, 1998.

ORNELLAS, J. F. ; MELO, L. G. Uso de histórias em quadrinhos para ensinar Ciências/Química por meio dos superpoderes dos heróis. **Revista Experiências em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 1, 2020.

PIASSI, L. P. C. **Contatos**: a ficção científica no ensino de ciências em um contexto sócio cultural. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

PIASSI, L. P.; PIETROCOLA, M. Ficção científica no ensino de física: utilizando um romance para desenvolver conceitos. In: **Anais do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 2005.

PIASSI, L. P.; PIETROCOLA, M. De olho no futuro: ficção científica para debater questões sociopolíticas de ciência e tecnologia em sala de aula. **Ciência & Ensino**, v. 1, p. 1-12, 2007a.

PIASSI, L. P.; PIETROCOLA, M. Primeiro contato: ficção científica para abordar os limites do conhecido em sala de aula. In: **Anais do XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 2007b.

PIASSI, L. P.; PIETROCOLA, M. Quem conta um conto aumenta um ponto também em física: Contos de ficção científica na sala de aula. In: **Anais do XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 2007c.

PIASSI, L. P.; PIETROCOLA, M. Ficção científica e ensino de ciências: para além do método de 'encontrar erros em filmes'. **Educação e pesquisa**, v. 35, n. 3, p. 525-540, 2009.

PINTO, J. R. A. S. **Análise estrutural das proteínas da seda da teia da aranha *Nephila clavipes* por uma abordagem proteômica**. 2014. Tese (Doutorado em Biologia Celular e Molecular) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, 2014.

RIBEIRO, D. J. **A iniciativa Vingadores**: como alunos do ensino médio e recém-egressos relacionam conceitos de física com os filmes da Marvel. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

SÁ, C. S. S. **Currículo ativo e a constituição de identidades profissionais em um curso de Licenciatura em Química**. 2012. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

SANTANA, D. R.; NETO, L. G. S.; SILVA, L. A. M., Uma proposta para construção de tirinha para o ensino de zoologia: da idealização e elaboração. **Revista ciências & ideias**, v. 11, n. 1, p. 299-322, 2020.

SANTOS, J. C.; SILVA, A. C. T.; OLIVEIRA, F. S. Histórias em Quadrinhos no ensino de Química: o que tem sido produzido em revistas e eventos da área na última década. In: Encontro Nacional de Ensino de Química, v. 18, p. 1-11. **Anais do XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Química, 2016.

SARAVANAN, D. Spider silk- structure, properties and spinning. **Journal of textile and apparel, technology and management**, v. 5, n. 1, p. 1-20, 2006.

SHAMBLE, P. S.; MENDA, G.; GOLDEN, J. R.; NITZANY, E. I.; WALDEN, K.; BEATUS, T.; ELIA, D. O.; COHEN, I. I.; MILES, R. N.; HOY, R. R. Airborne acoustic perception by a jumping spider. **Current Biology**, v. 26, n. 21, p. 2913-2920, 2016.

SHIGUEMATU, C. A. N. **Fazendo conexões com o mundo real**: uso de conceitos e modelos da física no contexto da zoologia. 2011. Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Física) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2011.

SOARES, M. H. F. B.; CRUZ, T. M. G. S. H'Química: o uso dos Quadrinhos para o Ensino de Radioatividade (Dossiê História em Quadrinhos: Criação, Estudos da Linguagem e usos na Educação). **Revista Temporis [Ação]**, v. 16, n. 2, p. 289-307, 2016.

SOUZA FILHO, A. G.; FAGAN, S. B. Funcionalização de nanotubos de carbono. *Química nova*, v. 30, n. 7, p. 1695, 2007.

**SPIDER-MAN 2.** Direção: Samuel M. Raimi. Produção: Avi Arad, Laura Ziskin. Intérpretes: [Tobey Maguire](#), [Kirsten Dunst](#), [James Franco](#), [Alfred Molina](#), [Rosemary Harris](#), [J.K. Simmons](#) e outros. 135 min. EUA, 2004.

**SPIDER-MAN 3.** Direção: Samuel M. Raimi. Produção: Avi Arad, Laura Ziskin e Grant Curtis. Intérpretes: [Tobey Maguire](#), [Kirsten Dunst](#), [James Franco](#), [Rosemary Harris](#), [J. K. Simmons](#) e outros. 139 min. EUA, 2007.

**SPIDER-MAN.** Direção: Samuel M. Raimi. Produção: Laura Ziskin e Ian Bryce. Roteiro: David Koepp. Intérpretes: Tobey Maguire, Willem Dafoe, Kirsten Dunst, James Franco, Cliff Robertson, Rosemary Harris e outros. 121 min. EUA, 2002.

**SPIDER-MAN: FAR FROM HOME.** Direção: Jon Watts. Produção: Kevin Feige e Amy Pascal. Roteiro: Chris McKenna e Erik Sommers. Intérpretes: Tom Holland, Samuel L. Jackson, Zendaya, Cobie Smulders, Jon Favreau, J. B. Smoove, Jacob Batalon, Martin Starr e outros. 129 min. EUA, 2019.

**THE AMAZING SPIDER-MAN.** Direção: [Marc Webb](#). Produção: Laura Ziskin, Avi Arad e Matt Tolmach. Intérpretes: [Andrew Garfield](#), [Emma Stone](#), [Rhys Ifans](#), [Sally Field](#), [Martin Sheen](#), [Denis Leary](#) e outros. 136 min. EUA, 2012.

USHIZIMA, D. M. **Investigação do comportamento visual de algumas aranhas saltadoras (Salticidae) em termos de micromovimentos.** 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências "Física Aplicada-opção Física Computacional") – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

VENTURA, C. R. R.; MELLO-PATIU, C. A.; MEJDALANI, G. **Diversidade Biológica dos Protostomados.** 2ª edição. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2004.

VOLLRATH, F. Strength and structure of spiders' silks. **Reviews in Molecular Biotechnology**, v. 74, n. 2, p. 67-83, 2000.

VOLLRATH, F. Spiderman silks: Science and fiction. **Biochemical Society**, v. 37, n. 6, p. 6-9, 2015.

XU, H. T.; FAN, B. L.; YU, S. Y.; HUANG, Y. H.; ZHAO, Z. H.; LIAN, Z. X.; DAI, Y. P.; WANG, L. L.; LIU, Z. L.; FEI, J.; LI, N. Construct synthetic gene encoding artificial spider dragline silk protein and its expression in milk of transgenic mice. **Anim Biotechnol**, v. 18, n. 1, p. 1-12, 2007.

ZANETIC, J. **Física também é cultura.** 1990. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

ZANETIC, J. Física e cultura. **Ciência e Cultura**, v. 57, n.3, p. 21-24, 2005.

ZANETIC, J. Física e arte: uma ponte entre duas culturas. **Pro-Posições**, v. 17, n. 1, p.39-57, 2006.