

O ENSINO DE FÍSICA A PARTIR DOS QUADRINHOS DO HOMEM ARANHA*THE PHYSICS TEACHING FROM THE SPIDERMAN'S COMICS**ENSEÑANZA DE LA FÍSICA DE LOS COMICS DE SPIDERMAN***Amaro Xavier Braga Junior**

Doutor em Sociologia. Professor do Instituto de Ciências Sociais da Universidade Federal de Alagoas.

E-mail: amaro@ics.ufal.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7611-6470>**Moisés Xavier Guimarães Valentim**

Engenheiro Mecânico e de Automóvel (IME). Licenciando em Física (ULBRA).

Pós-graduado em Histórias em Quadrinhos (EST)

E-mail: moisesxavier@live.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3285-2091>**RESUMO**

O artigo consiste em apresentar uma proposta de aula de física mecânica através da cena da morte de Gwen Stacy nas histórias do Homem-Aranha. Na primeira seção, são revistos os argumentos e pesquisas que debatem a eficiência dos quadrinhos como ferramenta pedagógica e sua relação com a física e ciências em geral, resgatando o uso dos quadrinhos para o ensino de ciências exatas e da natureza. Apresenta de maneira qualitativa e quantitativa os conceitos de mecânica envolvidos na morte da personagem e as proposições curriculares para a inserção em sala de aula. Por fim, sugere na forma de resultados sistemas de organização e desenvolvimento de conteúdos que podem ser explorados em planos de aula, visando auxiliar os docentes na tarefa de ministrar o ensino de física.

Palavras-chave: Histórias em Quadrinhos; Ensino de Física; Leis da Mecânica; Planos de Aula; Educação.

ABSTRACT

The paper consists of presenting a proposal for a mechanical physics class through the scene of Gwen Stacy's death in Spider-Man stories. In the first section, the arguments and research that debate the efficiency of comics as a pedagogical tool and its relationship with physics and science in general are reviewed, rescuing the use of comics for the teaching of exact and nature sciences. It presents in a qualitative and quantitative way the concepts of mechanics involved in the death of the character and the curricular proposals for insertion in the classroom. Finally, it suggests in the form of results systems of organization and development of contents that can be explored in lesson plans, aiming to assist teachers in the task of teaching physics teaching.

Keywords: Comics; Physics teaching; Laws of Mechanics; Lesson Plans; Education.

RESUMEN

El artículo consiste en presentar una propuesta para una clase de física mecánica a través de la escena de la muerte de Gwen Stacy en las historietas de Spider-Man. En la primera sección, se revisan los argumentos y la investigación que debaten la eficiencia de los cómics como una herramienta pedagógica y su relación con la física y la ciencia en general, rescatando el uso de los cómics para la enseñanza de las ciencias exactas y de la naturaleza. Presenta de forma cualitativa y cuantitativa los conceptos de mecánica involucrados en la muerte del personaje y las propuestas curriculares para su inserción en el aula. Finalmente, sugiere en forma de

sistemas de resultados de organización y desarrollo de contenidos que pueden explorarse en los planes de lecciones, con el objetivo de ayudar a los maestros en la tarea de enseñar la enseñanza de la física.

Palabras clave: Comics; Didáctica de la física; Leyes de la mecânica; Planes de lecciones; Educación.

INTRODUÇÃO

O ensino de conteúdos no campo da física e das ciências exatas, de forma geral, tendem a causar um pouco de receio em seus alunos em virtude da abstração dos conceitos. Áreas como mecânica, eletromagnetismo e ondulatória não são simples de se visualizar e entender. Estes conteúdos curriculares demandam sempre dos professores o uso de exemplos concretos, imagens, gráficos e esquemas de explicação que permitam situar os alunos a compreender esses fenômenos e suas implicações. A ausência dessa dimensão de materialização de uma noção abstrata pode levar os alunos à replicarem fórmulas matemáticas indiscriminadamente sem compreender os fenômenos que se relacionam com os cálculos.

Um dos recursos didáticos, ainda pouco usados em aulas de ciências exatas e da natureza¹, que pode auxiliar o professor em sala de aula, são as histórias em quadrinhos (HQs). Principalmente, aquelas HQs que os alunos já leem. A proposta do presente trabalho foi analisar situações de uso prático em aulas de física, que possibilitem contornar esse obstáculo da abstração-materialização do fenômeno, a partir do uso de histórias em quadrinhos, de forma lúdica, no processo de exemplificação dos fenômenos estudados.

Com o objetivo de problematizar as formas de inserção deste veículo (HQ) e seus usos para compor aulas de ciências exatas e da natureza, os encaminhamentos deste trabalho seguem dois aspectos: estruturar o exemplo positivo quando os conteúdos curriculares se encontram integrados, isto é, seguindo os parâmetros científicos aceitos pela comunidade; e, por outro ângulo, ainda pouco explorado, o exemplo negativo, quando a imagem desenhada contraria os conteúdos científicos. Em ambos os casos há potencialidade de usar as HQs para construir o processo de aprendizagem.

¹ Isso não é novidade, pois alguns professores já têm feito experimentos lúdicos nesse sentido. Por exemplo, o professor Renato Brito (2014; 2010) nos seus dois livros de Mecânica, volumes 1 e 2, criou uma personagem fictícia, Claudete, na forma de desenho infantil caricaturizado, que dialoga com ele em diversos momentos do livro. Além de tornar o aprendizado mais lúdico, o referido docente consegue tratar temas complexos com uma didática muito bem elaborada e de fácil compreensão.

Para efetivar este intento, foi selecionado um material específico: uma famosa HQ do Homem-Aranha, personagem famoso dos comics estadunidenses da Marvel, no qual ocorre a morte de *Gwen Stacy*.

Para iniciar essa análise, é importante compreender e perpassar de maneira geral como se dá a relação entre os quadrinhos e o ensino das ciências.

Histórias em quadrinhos e o ensino de ciências

Scott Mccloud (2005, p. 9) define as HQs como sendo “imagens pictóricas justapostas em sequência deliberada, destinadas a transmitir informações e/ou produzir uma resposta ao espectador”. Seguindo esse raciocínio, essa nona arte² corresponde a uma série de figuras cujo objetivo é informar seu leitor. Estas imagens desenhadas visam, de alguma forma, transmitir informações que, em princípio, se vinculam ao entretenimento. Mas, podem assumir funções indiretas tanto no processo de aprendizagem formal, quanto informal³. Embora tal definição não contemple todos os tipos existentes e as problematizações em torno da definição do que são as HQs, ela é suficiente para os propósitos do presente artigo.

Diversos livros didáticos, manuais de estudo e, atualmente, as provas do ENEM e do ENADE, empregam a linguagem dos quadrinhos e seus congêneres como tiras-em-quadrinhos, charges e cartuns como recursos de visualização e problematização para conduzir sistemas de avaliação da aprendizagem⁴.

Cada vez mais encontramos indícios que comprovam a eficácia do uso das HQs como mediador de processos de aprendizagem. Além da ampla base de letramento e de linguagem, as HQs têm demonstrado capacidades de ser usados como instrumentos de inclusão, garantindo acessibilidade (BARI, 2015) e na discussão de aspectos sociais (BRAGA JUNIOR, 2015a).

Já as ciências exatas, biológicas e da natureza, apesar de menos frequentes, já contam com muitas iniciativas importantes. Há pesquisadores que também são

² Quadrinhos são enfatizados como um tipo de arte pelos autores franceses que os consideram como expressão artística após música, pintura, escultura, teatro, literatura, arquitetura, cinema e televisão.

³ Para maiores esclarecimentos sobre educação formal, não formal e informal, veja Brandão (1985).

⁴ Por exemplo, segundo Carvalho (2017) de 1086 questões no ENEM, nos anos de 2011 a 2015, 46 delas utilizavam algum tipo material vinculado às histórias em quadrinhos.

desenhistas que tem atuado na produção de material voltado para seus respectivos campos, como ocorre com a bióloga Danielle Fortuna⁵ e a química Adriana Yumi⁶.

Além destas iniciativas, temos estudos como o de Souza (2018), que em sua tese de doutorado analisou a presença de quadrinhos nos livros didáticos de Física tentando enfatizar o processo de alfabetização científica ou o de Fernandes (2017), que em sua dissertação de mestrado, investiga como os quadrinhos de Watchmen poderia ser usado para ensinar física. Em ambos os casos, as HQs são apresentadas como recursos eficazes. E há outros estudos que visam avaliar esta eficácia. De acordo com Joel Shurkin (2015), um estudo em uma escola católica das Filipinas analisou 78 estudantes matriculados no curso de ciências do meio ambiente. Dentre estes, 38 foram ensinados utilizando o método convencional, enquanto 40 usaram quadrinhos. Ambos os grupos seguiram as aulas por quatro meses, com três encontros semanais, cada um com duração de 80 minutos. A partir de testes padronizados, aqueles que foram educados com quadrinhos apresentaram um entendimento conceitual melhor, em comparação com os outros.

Arroio (2011) sugere como os docentes devem planejar as histórias como narrativas para propagação de conhecimento científico. Caruso e Silveira (2008) enfatizam como, no que diz respeito ao ensino de ciências, a maioria dos alunos não apresenta um rendimento satisfatório, por não conseguirem visualizar e entender os conceitos, porém quando associados com elementos lúdicos como tiras-em-quadrinhos de humor, os resultados são diferentes. Nesse estudo é adotado um caminho um pouco diferente. Ao invés do docente criar a história, o aluno deveria fazê-la. Além de estimular a compreensão dos conceitos envolvidos na atividade, o discente teria a oportunidade de colocar em prática sua criatividade. Isso mostra a eficiência que essa ferramenta pedagógica pode proporcionar. No entanto, deve-se saber como utilizá-la. Diversos usos têm sido empregados, como a criação de histórias por parte dos professores.

Já Tatalovic (2009) alerta para outro aspecto. A aprendizagem não necessariamente advém apenas do uso de quadrinhos que se destinam para um fim pedagógico, isto é, um quadrinho construído para a sala de aula. Deve-se ter ciência que os

⁵ Danielle Fortuna é doutora em ensino de ciências e tanto seus trabalhos criativos com quadrinhos e Fanzines, quanto parte de sua produção de pesquisa, envolvem o uso desses materiais no ensino de ciências, principalmente, biológicas. Cf. Fortuna; Franco (2018); Fortuna; Vasconcellos-Silva; Araújo-Jorge (2015; 2016); Fortuna (2019).

⁶ Adriana Yumi tem atuado no desenvolvimento de metodologias de divulgação científica por meio de pesquisa e produção de mangás, principalmente, para o ensino de química.

processos de aprendizagem podem ser extraídos tanto de quadrinhos “científicos” (construídos para este fim), quanto os ficcionais. Os científicos, portanto, teriam o propósito de comunicar ciência diretamente com uma finalidade educativa. Já os ficcionais, não apresentam como objetivo principal a difusão de conceitos científicos, mas podem ser utilizados no ensino de física, química, biologia e afins. Tatalovic (2009) resgata, inclusive, como alguns centros de pesquisa e educação, como o Museu de História Natural em Milão, usa uma HQ de Martin Mystère⁷ para ilustrar e apresentar os equipamentos paleontológicos.

Os quadrinhos científicos já são direcionados e diretos. Eles visam apresentar, instruir ou problematizar um conteúdo específico. Os ficcionais, entretanto, não são facilmente integrados a um currículo. Exigem do professor a capacidade de pesquisar e inter-relacionar enredo ou cena da história ao seu conteúdo de aprendizagem, como alerta Braga Junior (2015a).

Essa abordagem científica utilizando os quadrinhos ficcionais é muito bem explorada nas obras *The Science of Superheroes* de Lois Gresh e Robert Weinberg (2002) e *The Physics of Superheroes* de James Kakalios (2005). Ambas as obras têm o enfoque em como se ensinar Física a partir dos erros e acertos nas narrativas de superaventura. Nestes livros, a maioria dos exemplos analisados é de quadrinhos de superaventura.

Por isso, nos propusemos a analisar e sugerir um plano de aula focado em uma HQ ficcional. Dentre estes, em um dos gêneros mais conhecidos e difundidos dos quadrinhos *mainstream*, os super-heróis ou narrativa de superaventura.

Apesar desses casos, a maior frequência de investigações recai sobre os quadrinhos da Marvel Comics. Não é necessariamente devido ao sucesso de vendas, mas ao perfil dos personagens. Segundo Braga Junior (2015b), os quadrinhos de super-heróis da Marvel Comics sempre mantiveram, até os dias atuais, um diálogo profícuo com a física, a química, a biologia e outras noções científicas. Sendo frequente o uso de termos e noções técnicas dessas áreas na explicação da origem dos personagens e no fundamento dos poderes de protagonistas e de seus vilões.

Esses processos criativos são estimulantes para a ciência. Pugo (2007) fez um interessante estudo, publicado em uma revista de pesquisa tecnológica, tentando avaliar

⁷ Quadrinho italiano de aventura e mistério.

a possibilidade de criar um traje que reproduzisse as habilidades do Homem-Aranha e a história “A morte de Gwen Stacy”, inclusive, têm sido um dos temas mais frequentes para discutir física. Carvalhaes e Soltau (2019 [s.p.]) ilustram brevemente estes conteúdos, tomando o exemplo de Kaikalos (2005), de como trabalhar alguns conceitos de física mecânica na cena da morte de Gwen Stacy, com proposta de “colocar professor e alunos no papel de detetives cujo objetivo é reconstituir o crime. [...] [esperando] favorecer a aprendizagem de novos conceitos físicos pelos alunos através de uma abordagem instigante e diferente.”

Dessa forma, este trabalho pretende propor como apresentar uma aula de Mecânica, mais especificamente os conceitos de Impulso e Quantidade de Movimento, a partir de uma cena famosa nos quadrinhos de super-heróis estadunidenses: “A morte de Gwen Stacy”. Na próxima seção, os conceitos físicos envolvidos nesta narrativa são explorados com mais detalhes.

A física na morte de gwen stacy

O Homem Aranha é um dos personagens mais conhecidos e de maior sucesso dentro do universo Marvel. “O Homem Aranha é a mascote oficial da Marvel, assim como Mickey Mouse é o da Disney” (KNOWLES, 2008, p. 159). Sua história tem início em agosto de 1962, na revista *Amazing Fantasy* 15, sendo roteirizado por Stan Lee e desenhado por Steve Ditko. O sucesso da história foi tamanho que o personagem ganhou sua própria revista: *Amazing Spider Man*. (REBLIN, 2008). Tudo começa quando o jovem nerd Peter Parker é picado por uma aranha radioativa, adquirindo assim poderes sobrenaturais. Ele ganha uma força proporcional a de um aracnídeo, a capacidade de escalar as paredes e o “sentido aranha”. Segundo Kakalios (2005), Stan Lee se inspirou na dificuldade que tinha em matar aranhas, acreditando assim, que elas eram dotadas de um sentido especial que as protegia. No início, Peter Parker tenta utilizar os poderes para benefício próprio, mas com a morte de seu tio ele compreende que “com grandes poderes vem grandes responsabilidades” (HOMEM-ARANHA..., 2017, p. 19).

A partir de sua origem, surgem diversos inimigos e muitos deles estão associados com áreas científicas. Por exemplo, o físico nuclear Doutor Octopus (*Amazing Spider Man* 3), o engenheiro eletrônico Adrian Toomes ou Abutre (*Amazing Spider Man* 2), o doutor e

cirurgião Curt Connors (*Amazing Spider Man 6*), etc. Dentre esses vilões, destaca-se o Duende Verde, aparecendo pela primeira vez em julho de 1964 na *Amazing Spider Man 14*. O industrial Norman Osborn adquire superpoderes como superforça, agilidade, fator de cura a partir de um soro desenvolvido nas suas empresas. Este inimigo inclusive é o responsável pela morte da namorada de Parker (RICOMPENSA, 2017). Esse trágico episódio da morte de Gwen (*Amazing Spider Man 121*) não é apenas um marco nas histórias do personagem, mas também impactou a história dos comics como afirma Gerry Conway (*apud BRIGHEL, 2017, p.55*), o sucessor de Stan Lee no roteiro do Homem-Aranha:

Quanto mais penso nisso, mais estou seguro que a história dos quadrinhos se divide em duas partes: antes e depois da morte de Gwen. Antes, o mundo dos quadrinhos era um lugar belo e tranquilo. É certo que de vez em quando ocorriam coisas feias, mas não eram permanentes. Depois da morte de Gwen, tudo podia acontecer... de fato, começaram a acontecer eventos verdadeiramente trágicos. Acredito que aquela história testemunhou o fim da inocência dos quadrinhos.

Na referida história, o duende verde (que conhecia a identidade secreta de Parker neste momento) sequestra sua namorada e a leva para a ponte George Washington. Neste local, após uma luta intensa entre o Homem-Aranha e o Duende, Gwen acaba sendo jogada da ponte. Para salvá-la, Peter lança sua teia que consegue alcançá-la, puxando de volta conforme representado na Figura 1.

Figura 1: Luta na Ponte George Washington com destaque para o momento a morte de Gwen Stacy. Fonte: Homem-Aranha... (2017, p. 73).



Aparentemente Gwen foi salva. No entanto, Peter a encontra morta. O que aconteceu? Por que ela morreu? A explicação do Duende não é muito satisfatória: “Uma queda dessa altura mataria qualquer um antes mesmo de atingir o chão!” (HOMEM-ARANHA..., 2017, p. 74). Na visão de Osborn, a queda foi a causa da fatalidade. Na verdade, a explicação do que aconteceu está diretamente relacionada com os princípios de Impulso e Quantidade de Movimento (KAKALIOS, 2005).

Ao analisar com mais detalhes a Fig. 1, percebe-se que há uma onomatopeia (SNAP)⁸ próximo ao pescoço de Gwen, indicando que ele foi quebrado. Isso deve ter acontecido em virtude da terceira Lei de Newton, também conhecida como princípio da

⁸ “Estalo”, em inglês.

Ação e Reação: “Quando dois corpos interagem, as forças que cada corpo exerce sobre o outro são iguais em módulo e têm sentidos opostos” (HALLIDAY; RESNICK, 2018, p.107).

Ou seja, a força que o Homem-Aranha utilizou para frear a queda de sua namorada provocou uma reação nela de mesma intensidade, porém de sentido oposto. O problema, no entanto, não é a força em si apenas, mas o tempo que levou para a desaceleração. Se esta for muito rápida, a intensidade da força é muito elevada.

Por exemplo, um carro a 150 Km/h pode ser freado sem causar danos para os passageiros, caso isso seja feito lentamente. Se a frenagem for brusca, a intensidade da força requerida é muito maior, podendo causar sérios problemas. No caso de Gwen, a história sugere que sua velocidade foi a zero muito rapidamente. Isso fez com que a força imprimida por Peter Parker fosse bastante elevada, a ponto de quebrar o pescoço de sua namorada. Embora a teia tenha propriedades elásticas que favoreceriam a desaceleração, o súbito tempo de frenagem foi a principal causa da fatalidade.

Essa análise qualitativa da mecânica envolvida neste episódio já seria suficiente para concluir o que ocasionou a morte. Porém, é possível ainda ampliar esse raciocínio a partir de um aspecto quantitativo. Ou seja, com algumas estimativas, pode-se calcular o valor da força que Gwen foi submetida.

Inicialmente, é necessário calcular a velocidade de Gwen quando a teia a atinge. Isso é possível com as fórmulas da cinemática⁹, mais precisamente, no caso em que a aceleração é constante. No episódio descrito, a situação física é conhecida como aceleração em queda livre e é uma boa aproximação considerar que Gwen está sendo desacelerada pela gravidade em uma taxa constante. Embora exista a resistência do ar, esta é desprezível em virtude do curto intervalo de tempo (HALLIDAY; RESNICK, 2018).

Para isso, basta aplicar a equação de Torricelli dada por:

$$v^2 = v_0^2 + 2 * \Delta s * a$$

Onde v é a velocidade que se deseja calcular, v_0 é a velocidade inicial, Δs é o espaço percorrido e a é a aceleração. Para a situação em questão, a velocidade inicial é nula (queda livre), a aceleração é a gravidade ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$) e o espaço percorrido é a altura em que a teia atinge Gwen (h). Assim, a velocidade é dada por:

⁹ De maneira geral e bem objetiva, a cinemática é a parte da mecânica que estuda o movimento sem se preocupar com as suas causas. Estas são analisadas por uma outra área conhecida como dinâmica.

$$v = \sqrt{2gh}$$

Para que o valor seja calculado é necessário que haja uma estimativa da altura. Seguindo um raciocínio indicado por Kakalios (2005), e que também aparece no breve estudo de Carvalhaes e Soltau (2019) o valor de h é considerado como 100 m. Assim, ao aplicar na fórmula acima a velocidade é dada por aproximadamente 160 km/h. Logo, a força do Homem-Aranha leva a velocidade de 160 km/h a 0 km/h em um intervalo de tempo bem curto. A partir desse dado é possível finalizar o cálculo através do conceito de Impulso e Quantidade de Movimento. Esta corresponde ao valor da velocidade de um corpo multiplicado pela massa. Já o Impulso é produto da força aplicada pelo intervalo de tempo.

A partir de uma definição mais geral da segunda Lei de Newton¹⁰ é possível constatar que o Impulso corresponde a variação da Quantidade de Movimento. Em termos matemáticos, isso pode ser expresso da seguinte maneira:

$$\text{Força} * \text{Intervalo de Tempo} = \text{Massa} * \text{Variação da Velocidade}$$

Para completar o cálculo, é necessário estimar o intervalo de tempo e a massa de Gwen. Seguindo a mesma estimativa de Kakalios (2005), os valores de tempo e massa correspondem respectivamente a 0,5 segundos e 50 kg, que são números razoáveis para a presente situação. Como a variação de velocidade é conhecida (160 km/h), basta aplicar esses valores na fórmula para calcular a força. O resultado encontrado corresponde a aproximadamente nove vezes o peso de Gwen (peso é produto da massa pela aceleração da gravidade). A título de comparação, segundo Halliday e Resnick (2018), em uma montanha russa, a força aplicada é aproximadamente três vezes o peso de uma pessoa. Gwen Stacy foi submetida ao triplo desse valor em um intervalo de tempo muito curto. O resultado dessa frenagem brusca foi a quebra do pescoço, ocasionando assim a morte. Sem essa compreensão da mecânica não é possível entender o desfecho dessa trágica história.

¹⁰ Em geral, a definição da segunda Lei de Newton utilizada atesta que a força aplicada corresponde ao produto entre a massa e aceleração aplicada em um corpo. Um significado mais completo para essa Lei afirma que a força é igual a variação da quantidade de movimento em um intervalo de tempo. A partir desta definição e com uma simples manipulação matemática, é possível chegar na equação utilizada para calcular a força aplicada em Gwen.

Assim, com toda essa análise qualitativa e quantitativa da mecânica envolvida na morte da então namorada de Peter, é possível ter uma compreensão básica dos conceitos de Impulso, Quantidade de Movimento e das Leis de Newton. Em vista disso, na próxima seção, é sugerido um plano de aula genérico para se introduzir esses conceitos apresentados.

Composição da aula

Os professores de física devem tomar cuidado para que suas aulas não sejam apenas meras aplicações de fórmulas. Os alunos precisam entender os conceitos e o que estão calculando. Uma forma de se conseguir esse objetivo é utilizar exemplos, principalmente do cotidiano, para fixação dos conceitos.

A partir da situação descrita envolvendo a morte de Gwen, professores podem montar uma aula sobre Impulso e Quantidade de Movimento, estimulando a criatividade dos discentes e os ajudando a compreender melhor o que estão calculando. A presente seção tem por objetivo sugerir uma forma como os docentes fariam esse tipo de aula. Abaixo está descrito em três partes o método possível de ser empregado.

Primeiro: é preciso estimular o Raciocínio. O professor pode começar a aula apresentando o contexto sobre a história na qual Gwen Stacy morreu. Em seguida, ele deve perguntar aos seus alunos o motivo pelo qual isso veio a acontecer. Este é momento é fundamental para estimular o raciocínio dos discentes e analisar se estão compreendendo adequadamente os conceitos da mecânica.

Isso estimula a participação da turma e auxilia todos a tentarem entender fisicamente a situação, ao invés de aplicar fórmulas indiscriminadamente. Além disso, é possível criar um diálogo com outras disciplinas, visto que a interpretação do quadrinho auxilia na compreensão da situação analisada (como pode ser visto na onomatopeia “SNAP”). Tal fato corrobora com a visão de Rubem Alves (2008, p. 110-111) sobre a necessidade de um diálogo entre as diferentes disciplinas:

Cada professor ensina uma disciplina diferente: física, química, matemática, geografia etc. Isso é parte da tendência que dominou o desenvolvimento da ciência: especialização, fragmentação. A ciência não conhece o todo, conhece as partes. Essa tendência teve consequências para a prática da medicina: o corpo como uma máquina formada por

partes isoladas. Mas o corpo não é uma máquina formada por partes isoladas. [...] Os currículos, só agora, muito depois da hora, estão começando a falar de “interdisciplinaridade”. “Interdisciplinaridade” é isto: uma maça é, ao mesmo tempo, uma realidade matemática, física, química, biológica, alimentar, estética, cultural, mitológica, ...

Assim, é possível atender também a proposta de interdisciplinaridade. Pode-se dialogar com a língua portuguesa (interpretação do quadrinho), química (discutir sobre as propriedades elásticas da teia de aranha), história (falar brevemente sobre a ponte George Washington) e etc.

Segundo: estimar e calcular a força. Após o professor analisar as hipóteses elencadas pelos discentes, deve auxiliá-los na condução a resposta correta e estabelecer um diálogo com outras disciplinas. Por fim, realizar a análise qualitativa das grandezas físicas envolvidas. Com isso, o próximo passo corresponde aos cálculos e estimativas.

Neste ponto, o mais interessante é que os alunos possam estar sempre participando para estimar a altura da queda, o intervalo de tempo da frenagem e a massa corporal da Gwen. Caso não haja um consenso entre os valores obtidos, o docente pode montar uma tabela com os valores mais “votados”. A seguir, há um exemplo de como isso pode ser feito (Tabela 1).

Altura (m)	Velocidade (km/h)	Massa (kg)	Tempo (s)	Força (quantidade vezes o peso) ¹¹
100	160	50	0,5	9
90	151,2	50	0,5	8,5
80	142,5	50	0,5	8

Tabela 1: Diferentes estimativas variando o valor da altura. Fonte: Dos autores.

Esta tabela é apenas um exemplo. O objetivo é mostrar o resultado para diferentes valores estimados. No caso acima, houve a variação apenas da altura, mas é possível modificar os outros valores. Caso seja encontrado um número que não justifica a quebra do pescoço, é interessante questionar juntamente com a turma se a estimativa realizada está correta.

Além disso, conforme for fazendo os cálculos o professor pode apresentar situações da vida real na qual os conceitos apresentados estão envolvidos. Por exemplo,

¹¹ Por exemplo, 9 significa que a força é nove vezes o peso do corpo no qual ela é aplicada.

ao definir impulso o docente pode explicar que o mesmo princípio é utilizado pelos airbags dos veículos. Dessa forma, a turma consegue compreender o que está calculando a partir de comparações realizadas com situações presentes na vida real.

Terceiro: resumir e passar tarefas. Após todos os cálculos terem sido realizados e compreendidos, é interessante que haja uma revisão dos conceitos apresentados. Aqui é importante destacar definições e as respectivas fórmulas matemáticas de toda a mecânica envolvida, a saber, Impulso e Quantidade de Movimento.

Em seguida, o professor pode recomendar os capítulos do livro que devem ser lidos para aprofundamento, enumerar outros exercícios e fazer a seguinte pergunta a turma: Será que o Homem-Aranha aprendeu a lição? Ou seja, existe alguma situação seja em filme, animação ou nos quadrinhos, em que o amigo da vizinhança age de forma diferente da apresentada na morte de sua namorada?

Neste momento, é importante ouvir se alguém da sala conhece outra situação. Caso ninguém se manifeste, o professor pode citar o ocorrido no filme de 2002, quando Mary Jane cai de uma torre e o homem aranha, mergulha, alcança sua amada e só então lança a teia para desacelerar os dois. É bem diferente do que aconteceu com a Gwen. Tudo indica que houve uma maior compreensão, entre a HQ e o Filme, dos aspectos dos fenômenos físicos envolvidos (KAKALIOS, 2005).

Assim, é possível conduzir uma aula introdutória sobre esse assunto de mecânica auxiliando os alunos a entenderem os conceitos e não apenas aplicar as fórmulas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A morte de Gwen Stacy, portanto, é uma narrativa em quadrinhos bastante eficiente para o ensino dos conceitos de Impulso e Quantidade de Movimento. Além dos alunos aprenderem esses fundamentos da mecânica, podem praticar o raciocínio utilizando estimativas e dialogar um pouco com outras disciplinas.

A utilização desses quadrinhos ficcionais, embora seja bastante eficiente, não substitui o livro didático nem a prática de variados exercícios, visando a massificação do conceito aprendido. Estes continuam sendo ferramentais fundamentais para o processo de aprendizagem.

Além disso, essas aplicações não se restringem apenas aos conceitos de mecânica. As outras áreas da física também podem ser ministradas com uma metodologia próxima a apresentada. Kakalios (2005) enumera uma série de outros casos nos quais a superaventura é um meio eficaz para se ensinar. A título de exemplo, algumas histórias do Homem-Formiga podem ser utilizadas para se ensinar sobre Movimento Harmônico Simples e Propriedades da Matéria. Comparações entre Magneto e Electro podem ajudar na compreensão do eletromagnetismo. Tempestade e Homem de Gelo auxiliam no entendimento dos processos de transferência de calor como condução e convecção. Mesmo que haja algum erro nas histórias, é possível utilizá-las para mostrar o correto.

Isto é, o exemplo negativo é importante (e muitas vezes) mais eficaz no processo de desenvolvimento da aprendizagem. É até mais fácil para o professor aproveitar leituras e materiais que estejam disponíveis para compor sua aula. Quando há o exemplo positivo, no qual as Leis da Física são seguidas e aplicadas, este pode ser um momento inicial que anteceda outras situações de pesquisa em busca por identificação de exemplos no qual as Leis da Mecânica tenham sido burladas.

Nem sempre as histórias acertam nos conceitos apresentados. De maneira geral, os termos e conceitos aplicados nas histórias são equivocados, porém, mesmo assim, os professores podem utilizá-los durante as aulas. A ideia é explicar a razão do erro e qual o equívoco; e, em seguida, apresentar o conceito correto. É isso que chamamos de exemplo negativo. O erro de interpretação da ciência é potencialmente mais eficiente na explicação e na aprendizagem da noção científica envolvida. É mais fácil conduzir a aula pelo erro de interpretação do que pelo seu contraponto, ao se definir corretamente a relação entre teoria e exemplo. Este exercício possibilita ao aluno desenvolver o olhar crítico e a capacidade de identificar problemas e situações equivocadas. E, obviamente, sugerir soluções adequadas.

Há outras dimensões de usabilidade. O conhecimento científico muda e se ajusta conforme a época e as descobertas. É possível perceber isso nas histórias em quadrinhos do homem aranha, quando as histórias (e é possível migrar e trazer o discurso dos filmes sobre o personagem) referem-se ao surgimento dos seus poderes. Quando o jovem Peter Parker, na sua genealogia mais ortodoxa, é picado por uma aranha radioativa, haveria o exemplo negativo, afinal, há uma incongruência quanto ao conceito científico dos efeitos de radiação no corpo humano. Em realidade, provavelmente, após a picada, ele ficaria

doente ou até viria a falecer. No entanto, professores podem se apropriar do tema da radiação e explicar alguns conceitos importantes como as partículas alfa, beta e gama (aqui se pode fazer um paralelo com o incrível Hulk, inclusive) e suas propriedades em relação à matéria orgânica e os princípios bioquímicos. De outra forma, é possível perceber como as compreensões de fenômenos científicos vão se alterando ao longo dos enredos da HQ. É possível notar que nas primeiras histórias a aranha era radioativa e nas mais recentes (ou nas versões cinematográficas), há menção a uma aranha geneticamente modificada. Esta mudança está associada às compreensões da verossimilhança dos conteúdos científicos e de sua aceitabilidade pelos leitores. Enquanto nos meados para o fim do séc. XIX, havia uma crise radioativa, no séc. XXI, o debate é biogênico e de manipulação genética.

Utilizando tais ferramentas na sala de aula, os professores podem otimizar bastante o ensino de física e o de ciências em geral. Desta forma, é impossível não concordar com Scott Mccloud (2005, p. 212), quando afirma: “as possibilidades do quadrinho são – como sempre foram – ilimitadas”.

REFERÊNCIAS

ALVES, Rubem. **Por uma educação romântica**. Campinas: Papirus, 2008.

ARROIO, Agnaldo. **Comic as a narrative in natural science education**. Western anatolia journal of education science special issue. Dokuz eylul In stitute, Izmir, Turkey, 2011.

BARI, Valéria A. A quadrinhização como recurso de mediação da leitura literária do surdo. In MODENESI, Thiago Vasconcellos; BRAGA JR, Amaro Xavier. (Organizadores.).

Quadrinhos e Educação: procedimentos didáticos, vol.2. 2ªed., Jabotão dos Guararapes: SOCEC, 2015. Disponível em:

<https://redelp.net/revistas/index.php/rqe/article/view/1216/1064>. Acessado em: 02 jun. 2020.

BRAGA JUNIOR, Amaro X. A Linguagem dos Quadrinhos Enquanto Recurso Didático nas Aulas de Sociologia. In BRAGA JR, A.X.; MODENESI, T. (Orgs.). **Quadrinhos e Educação**, vol. 2: Procedimentos Didáticos. Jabotão dos Guararapes: Faculdade dos Guararapes, 2015a, p. 7-28.

BRAGA JUNIOR, Amaro X. Por **Uma Sociologia da Imagem Desenhada**: reprodução, estereótipo e actância nos quadrinhos de super-heróis da Marvel Comics. Tese (Doutorado em Sociologia). Programa de Pós-graduação em Sociologia. Universidade Federal de Pernambuco. Recife: UFPE, 2015b.

BRANDÃO, Carlos Rodrigues. **O que é educação**. 19. ed. São Paulo: Brasiliense, 1985.

BRIGHEL, Massimiliano. Amazing Spider-Man 121/122 (1973): O Fim da Inocência. In: HOMEM-ARANHA: ANTOLOGIA. São Paulo: Panini Brasil, nov. 2017.

BRITO, Renato. **Fundamentos de Mecânica volume 1**. Editora VestSeller, 2010.

BRITO, Renato. **Fundamentos de Mecânica volume 2**. Editora VestSeller, 2014.

CARUSO, Francisco; SILVEIRA, Cristina. **Tirinhas Educativas**. Atas do II Encontro de Quadrinhos: Por uma ciência mais divertida. Leopoldina, MG, 2008. v. 1.

CARVALHAES, André Luiz; SOLTAU, Samuel Bueno. Physics investigates: Is Spider-Man a killer for lack of physical knowledge? **MOL2NET, International Conference Series on Multidisciplinary Sciences**. 4th edition. 14 nov. 2018. Disponível em:

<https://sciforum.net/manuscripts/5775/slides.pdf>

CARVALHO, Guido de Oliveira. Questões e Quadrinhos: o uso de histórias em quadrinhos no ENEM, em vestibulares e concursos. VI Semana de Integração. 7 a 10 jun. 2017. **Anais da VI Semana de Integração**. Inhumas: UEG, 2017, p. 677-687. Disponível em:

<file:///C:/Users/axbra/Downloads/9198-Texto%20do%20artigo-29138-1-10-20171110.pdf>

Acessado em: 13 maio 2020.

FERNANDES, Fábio Clavisso. **As engrenagens de Manhattan**: utilizando Watchmen para o ensino de física com enfoque CTS. 2017. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

Disponível em: <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/2812>.

FORTUNA, Danielle B. S. Fanzines e quadrinhos etnobotânicos: metodologia ativa para o ensino e avaliação em etnobotânica. In MODENESI, Thiago Vasconcellos; BRAGA JUNIOR, Amaro Xavier. (Organizadores). **Quadrinhos e Educação: Espaços Políticos, Meio Ambiente e Diversidade**, 2º ed., vol.5. Jaboação dos Guararapes: SOCEC, 2019, p. 75-98.

Disponível em: <https://redelp.net/revistas/index.php/rqe/article/view/1264/1108>. Acessado em: 02 jun. 2020.

FORTUNA, Danielle B. S.; FRANCO, E. S. Criação de hqforismos no contexto da educação: arte e ciência na reflexão sobre si e a vida. In MODENESI, Thiago Vasconcellos; BRAGA JUNIOR, Amaro Xavier. (Organizadores). **Quadrinhos e Educação: Experiências Docentes, Inferências Pedagógicas e análises de Políticas Públicas**, vol.4. 2ªed., Jaboação dos Guararapes: SOCEC, 2018. P. 47-64. Disponível em:

<https://redelp.net/revistas/index.php/rqe/article/view/1251/1096>. Acessado em: 02 jun. 2020.

FORTUNA, Danielle B. S.; VASCONCELLOS-SILVA, P. R.; ARAÚJO-JORGE, T. Tânia C. de. Quadrinhos e fanzines no ensino de ciências e saúde no Brasil: mapeamento e caracterização das publicações e metodologias. In MODENESI, Thiago Vasconcellos; BRAGA JUNIOR, Amaro Xavier. (Organizadores). **Quadrinhos e Educação: Fanzines, Espaços e Usos Pedagógicos**, vol.3. 2ªed., Jaboação dos Guararapes: SOCEC, 2016. P.39-63. Disponível em: <https://redelp.net/revistas/index.php/rqe/article/view/1239/1087>. Acessado em: 02 jun. 2020.

FORTUNA, Danielle B. S.; VASCONCELLOS-SILVA, P. R.; ARAÚJO-JORGE, T. Tânia C. de. Biociência - quadrinhos e fanzines no ensino de ciências e saúde: história de uma trajetória e de suas descobertas. In MODENESI, Thiago Vasconcellos; BRAGA JUNIOR, Amaro Xavier. (Organizadores). **Quadrinhos e Educação: Relatos de Experiências e**

Análises de publicações. Vol.1. 2ªed., Jaboaão dos Guararapes: SOCEC, 2015, p. 61-89. Disponível em: <https://redelp.net/revistas/index.php/rqe/article/view/1226/1076>. Acessado em: 02 jun. 2020.

GRESH, Lois H.; WEINBERG, Robert. **The Science of Superheroes**, New Jersey: John Wiley and Sons\ Hoboken, 2002.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert. **Fundamentos da Física, volume I: Mecânica**. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

HOMEM-ARANHA: ANTOLOGIA. São Paulo: Panini Brasil, nov. 2017.

KAKALIOS, James. **The Physics of Superheroes**, New York: Gotham Books, 2005.

KNOWLES, Christopher. **Nossos Deuses são Super-heróis: A História Secreta dos Super-heróis das Histórias em Quadrinhos**. São Paulo: Cultrix, 2008.

McCLOUD, Scott. **Desvendando os Quadrinhos**. São Paulo: M. Books, 2005.

PUGO, Nicola. Towards a Spiderman suit: large invisible cables and self-cleaning releasable superadhesive materials. **Journal of Physics: Condensed Matter**, Volume 19, Number 39. 30 ago. 2007. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0953-8984/19/39/395001/meta>

REBLIN, Iuri Andréas. **Para o alto e avante: uma análise do universo criativo dos super-heróis**. Porto Alegre: Asterisco, 2008.

RICOMPENSA, Marco. Os Inimigos do Homem-Aranha. In: HOMEM-ARANHA: ANTOLOGIA. São Paulo: Panini Brasil, nov. 2017, pp.150-151.

SHURKIN, Joel. Science and Culture: Cartoons to better communicate science. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, n. 38, p. 11741-11742, 2015. Disponível em: <https://www.pnas.org/content/112/38/11741>. Acessado em: 13 maio 2020.

SOUZA, Eduardo Oliveira Ribeiro de. **Física em Quadrinhos: uma metodologia de utilização de quadrinhos para o Ensino de Física**. 2018. 284 f. Tese (Doutorado em Ensino em Biociências e Saúde)-Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/26658>

TATALOVIC, Mico. Science comics as tools for science education and communication: a brief, exploratory study. **Journal of Science Communication**, v. 8, n. 4, p. A02, 2009. Disponível em: <https://jcom.sissa.it/archive/08/04/Jcomo804%282009%29A02>. Acessado em: 13 maio 2020.

Recebido em: 02/07/2020

Parecer em: 09/07/2020

Aprovado em: 12/07/2020