

Para uma imagem não deformada da Segunda Lei de Newton

Camila Maria Sitko ^a

^a Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Instituto de Ciências Exatas, Faculdade de Química, Marabá, PA, Brasil

Recebido para publicação em 8 jul. 2019. Aceito após revisão em 25 out. 2019.

Editor projetado: Renato P. dos Santos

RESUMO

Contexto: Em geral, professores e alunos possuem visões deformadas a respeito de como funciona o trabalho científico. Neste trabalho, foi utilizado o episódio da construção histórica da Segunda Lei do Movimento e sete visões deformadas a respeito do tema. **Objetivos:** Este trabalho tem por objetivo exemplificar visões deformadas que podem ser construídas pelos estudantes a respeito do empreendimento da Ciência, caso seja utilizada uma abordagem didática que não leve em conta a História e Filosofia da Ciência. **Design:** Sete visões deformadas a respeito do trabalho científico são explicadas e, na sequência, exemplificadas a partir do episódio em questão, mostrando a forma como essa história é vista, em geral, nos livros didáticos, e pela maioria dos professores. **Ambiente e participantes:** Esta é uma análise teórica, e, portanto, não conta com participantes. Os materiais utilizados foram fontes bibliográficas primárias e secundárias. **Coleta e análise de dados:** Foram coletadas sete visões deformadas sobre a ciência, a partir do episódio da construção histórica da Segunda Lei do Movimento, e realizada uma reflexão histórico-filosófica sobre estas. **Resultados:** Na sequência da apresentação das visões e exemplificações, são oferecidas críticas e alusão a como esse episódio deveria ser tratado. **Conclusões:** Ao longo do texto, assim como em suas considerações finais, são discutidos aspectos relevantes a serem trabalhados na sala de aula, para uma visão crítica da construção do conhecimento científico.

Palavras-chave: Segunda Lei de Newton; Segunda Lei do Movimento; História e Filosofia da Ciência; Newton; Leonhard Euler.

For an undistorted view of Newton's Second Law

ABSTRACT

Background: In general, teachers and students have distorted views about how scientific work works. In this work, it is used the episode of the historical construction of the Second Law of Motion and seven deformed views on the theme. **Objectives:** This work aims to exemplify deformed visions that can be constructed by students about the science enterprise, if a didactic approach is used that does not take into account the History and Philosophy of Science. **Design:** Seven deformed views regarding scientific work are explained and, following, exemplified from the episode in question, showing how this story is seen, in general, in textbooks, and by most teachers. **Setting and Participants:** This is a theoretical analysis, and therefore does not have participants. The

materials used were primary and secondary bibliographic sources. **Data collection and analysis:** Seven deformed views on science were collected, from the episode of the historical construction of the Second Law of Motion, and a historical-philosophical reflection was carried out on these. **Results:** Following the presentation of the visions and examples, criticism and allusion to how this episode should be treated are offered. **Conclusions:** Throughout the text, as well as in its final considerations, relevant aspects to be worked on in the classroom are discussed, for a critical view of the construction of scientific knowledge.

Keywords: Newton Second Law; Second Law of Motion; History and Philosophy of Science; Newton; Leonhard Euler.

INTRODUÇÃO

É descrito em grande parte dos livros didáticos, tanto de Ensino Médio quanto de Ensino Superior, que o formalismo “ $F = ma$ ”¹ corresponde à Segunda Lei de Newton. No entanto, em nenhuma parte da obra prima de Newton, os *Principia* (Princípios Matemáticos de Filosofia Natural, 1990), é enunciada essa expressão, ou aparece algo relacionado à aceleração ou à taxa de variação do movimento. Então, se a segunda lei não trata dessas grandezas utilizadas por nós em $F = ma$, é correto afirmarmos que essa é a Segunda Lei de Newton (Pourciau, 2011)?

A Segunda Lei de Newton, como descrita nos *Principia* é:

“A mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida, e é produzida na direção da linha reta na qual aquela força é imprimida” (Newton, 1990, p. 15-16).

Ao falarmos em mudança de movimento, estamos nos referindo a uma variação de velocidade, o que possivelmente resultaria em uma força proporcional à velocidade, e não proporcional à aceleração, como hoje é utilizada (Sitko, 2019a). De acordo com a análise de Sitko (2019a), pode-se concluir que, de fato, $F = ma$ não foi produzida por Newton, mas sim por Leonhard Euler², cerca de sessenta anos após a lei proposta por Newton, devido a avanços e desenvolvimentos da Mecânica Analítica que não existiam na época de Newton (Sitko, 2019b).

Conforme Maronne e Panza (2014) e Sitko (2019b), houve a influência de vários matemáticos e físicos na construção da Mecânica Newtoniana, como descrita hoje. A segunda lei, particularmente, sofreu grandes modificações, extensões e esclarecimentos desde os *Principia*, até o que hoje conhecemos por $F = ma$. Grande parte dessas transformações deve-se a Euler, que, além do formalismo analítico, introduziu as coordenadas cartesianas (Maronne & Panza, 2014), o uso de funções, de princípios variacionais, generalizou o conceito de força, estabeleceu um análogo para o caso angular, e, enfim, generalizou a resolução dos problemas para todos os tipos de casos mecânicos (Sitko, 2019a; 2019b).

¹ F é a força resultante, m é a massa do corpo e a é a aceleração sofrida pelo corpo.

² Com a contribuição de diversos cientistas sucessores a Newton e contemporâneos a Euler.

Mediante essas constatações, surge a preocupação da necessidade de se propagar uma visão crítica a respeito da construção desse conhecimento no ambiente escolar, pois muitos professores de Física trazem uma visão simplista a respeito desse episódio histórico, o que pode acarretar compreensões distorcidas com relação ao empreendimento científico para os alunos. Além disso, o fato do enunciado de Newton e $F = ma$ não possuírem uma relação direta (o que pode ser identificado a partir de uma abordagem histórica) pode levar os alunos a terem uma dificuldade maior em compreender a Mecânica³.

Se observarmos como é feita a divulgação dos aspectos históricos da segunda lei de Newton, como por exemplo, na maioria dos livros didáticos de Ensino Médio e Superior, assim como em documentários midiáticos sobre a História da Ciência, veremos que é possível identificar elementos de uma visão deformada da construção do conhecimento científico difundida na sala de aula, tanto na Educação Básica, quanto no Ensino Superior.

Assim, levando em conta e tomando como base as sete imagens deformadas da ciência, apresentadas por Gil-Pérez, Montoro, Alís, Cachapuz e Praia (2001), neste texto, são abordadas e discutidas as possíveis deformações na compreensão do conhecimento científico relativo ao episódio histórico da construção da Segunda Lei de Newton e como esses elementos deveriam ser mais adequadamente tratados, com relação à epistemologia da ciência.

VISÕES DEFORMADAS DO TRABALHO CIENTÍFICO NA CONSTRUÇÃO DA SEGUNDA LEI DE NEWTON

Gil-Pérez et al. (2001) escreveram sobre a importância de se reconhecer as visões deformadas dos professores com relação ao trabalho científico. Este artigo elenca sete visões deformadas e tece reflexões a respeito de cada uma delas, com a intenção de se mostrar como seria uma visão epistemologicamente mais adequada.

Neste trabalho, serão apresentadas e comentadas as sete visões elencadas por Gil-Pérez et al. (2001). Na sequência, para melhor compreendermos essas visões deformadas e, ao mesmo tempo, o quão é importante se trabalhar o conteúdo da segunda lei de Newton utilizando a contextualização histórica em sala de aula, o episódio da construção de $F = ma$ será encaixado em cada uma das visões elencadas por Gil Pérez et al. Espera-se que, com isso, seja possível destacar a importância de se trabalhar a epistemologia da Ciência nas aulas de Física e Ciências.

1. *Concepção empírico-indutivista e atórica*: Uma das preocupações dos pesquisadores em Educação quanto à questão da Epistemologia, diz respeito à predominância de visões de índole empírico-indutivista entre os professores de Física (Praia, Cachapuz & Gil-Pérez, 2002), que se afastam claramente da literatura contemporânea considerada

³ Sessenta anos de desenvolvimentos foram necessários para que essa relação fosse estabelecida, e o livro didático e o professor desejam que o aluno aprenda isso de maneira instantânea.

fundamental a propósito da produção científica e do que significa a ideia de ciência. Isso fica evidente, conforme Chalmers (1993) explica, quando educadores ingenuamente acreditam que teorias científicas são provadas através da observação e experimentação. Outros também acreditam que teorias podem ser descobertas pela observação sistemática, ou seja, que a partir da experimentação as teorias são criadas.

Muitos estudantes, e também professores, acreditam que o conhecimento é uma cópia fiel da natureza e que o questionamento científico é mais um processo baconiano de observar fatos do que um processo de construir teorias que deem conta das observações experimentais (Kuhn, 1989). Entretanto, se observarmos ao longo da história do desenvolvimento do pensamento científico, é possível ver que nenhuma de suas grandes teorias ou princípios fundamentais surgiu da observação; uma observação já é carregada de hipóteses: é sempre uma observação à luz de teorias.

Esse tipo de concepção destaca o papel neutro da experimentação e coincide com a ideia de “descoberta”, anunciada nas histórias em quadrinhos e pelos meios de comunicação (Lakin & Wellington, 1994; Gil-Pérez et al., 2001).

No episódio da construção da Segunda Lei de Newton, é possível identificar essa primeira concepção deformada, a partir do relato superficial do tema trazido nos livros didáticos (Chaib & Aguiar, 2016), e também, pelo próprio conhecimento popular que é tomado pelos professores como verdadeiro, em que é contada a história da queda da maçã, e que, a partir dali, teria ocorrido a construção da mecânica por Newton (Martins, 2006). Entretanto, um conhecimento não é construído da noite para o dia; Newton levou muitos anos para construir sua mecânica (Martins, 2006). Além disso, uma observação (ou observações sistemáticas) não comprova uma teoria.

2. Visão rígida, exata, infalível: A visão rígida, algorítmica, infalível, é bastante difundida entre os professores de Ciências e nela entende-se que observações e experiências rigorosas contribuem para a exatidão dos resultados obtidos e baseiam-se em evidências. Essa visão reforça a ideia de método científico, que é uma sequência de passos a seguir. Possui caráter quantitativo e se esquece da criatividade dos cientistas, do caráter tentativo e da dúvida (Gil-Pérez et al., 2001).

Entretanto, conforme Feyerabend defende em *Contra o método* (1977), a ciência não funciona através de um único método, mas sim a partir de um pluralismo metodológico, o que ele também chama de anarquismo epistemológico. Partindo desse princípio, Feyerabend acredita que a violação das regras metodológicas é necessária para o avanço da ciência. Se observarmos a História da Ciência de uma maneira geral, a partir de episódios históricos como o da construção da física galileana (Feyerabend, 1977), que utilizou a propaganda como seu maior impulsionador “científico”, é possível observar que a violação das regras do método científico foi o que de fato levou a ampliações e substituições de algumas teorias e conhecimentos.

Por outro lado, Kuhn (2007) descreve a ciência através de momentos de crise e de revoluções, onde há mudanças de paradigmas, ou seja, ampliações e substituições de conceitos. Isso também pode ser observado em episódios como o do estabelecimento da

gravitação universal por Newton, que é tratado em Kuhn como a substituição do paradigma aristotélico, de um mundo terrestre separado do celeste, pelo paradigma newtoniano, o qual unificava as leis terrestres e celestes.

Mesmo que estas sejam duas visões epistemológicas diferentes e conflitantes, é possível estabelecer um paralelo entre elas, ambas se complementam no sentido de que ambas concordam que a ciência não é exata, rígida e nem infalível, pois independentemente de qual dessas visões for tomada como base, ambas entendem a ciência como mutável, seja pela mudança de um paradigma, seja pelo anarquismo metodológico.

Pourciau (2011) comenta que há alguns manuscritos, encontrados no *Portsmouth Collection* da biblioteca da Universidade de Cambridge, datados de 1692-1693, que mostram revisões estéticas na obra de Newton, com relação à Segunda Lei. O cientista teria formulado oito maneiras diferentes para a Segunda Lei! Sete formas estão riscadas. A que permaneceu é a que foi citada no início deste trabalho.

Pode-se evidenciar aí o caráter tentativo do cientista, assim como a dúvida na Ciência, quando Newton escreve pelo menos oito formas diferentes da Segunda Lei. Partindo algumas décadas à frente, Euler ofereceu críticas aos trabalhos newtonianos, ampliou seu alcance e substituiu o que não podia mais ser utilizado. No entanto, mesmo Euler teve suas décadas de tentativas e erros, até poder chegar ao princípio fundamental da Mecânica.

Assim, vemos que Newton não era infalível, nem sua mecânica, a qual, tomando como exemplo, era essencialmente geométrica, o que a tornava limitada a apenas algumas classes de problemas⁴, e, dependendo da complexidade destes, tornava os cálculos muito extensos (Panza, 2002).

Além do método geométrico, Newton enunciava leis que expressavam relações entre “*objetos (ou melhor, suas massas), seus movimentos e as forças agindo sobre eles e por causa deles*” (Maronne & Panza, 2014, p.14). Quando algum detalhe era alterado nos problemas, já não se conseguia mais retomar os cálculos. Era necessário o uso de um método analítico, que conseguisse resolver o maior número possível de problemas. Isso veio mais tarde com Euler e o uso de funções (Hepburn, 2007; Sitko, 2019b). Novamente, era necessária uma substituição, ou melhor, extensão do que Newton havia feito.

Entretanto, apenas a mudança, a substituição de elementos geométricos para analíticos, ou seja, de formalismos matemáticos, não era suficiente para a transformação do método geométrico para o analítico. O uso do formalismo diferencial deveria permitir expressar a relação entre quantidades mecânicas relativas, ou seja, era necessário que os símbolos tivessem um significado mecânico (Maronne & Panza, 2014). O uso de funções e de coordenadas cartesianas trazido por Euler permitiu que a partir dali objetos matemáticos fossem tratados, o que generalizava os cálculos para todas as classes de problemas. Euler trouxe, assim, avanços conceituais, ou seja, mostrou a falibilidade de Newton, mas ainda assim, sua grande contribuição.

⁴ Os corpos extensos, deformáveis e fluidos, por exemplo, ficavam de fora.

A partir desse trecho do episódio, nota-se que a construção da Mecânica, apesar de um grande feito, não foi imutável ou infalível. Contou com as dúvidas de Newton, com as tentativas de Varignon, Bernoulli, Hermann, e de outros que não foram aqui citados (Sitko, 2019b), com a reformulação e ampliação de Euler, e a partir desse ponto, de muitos outros físicos que ajudaram no que hoje chamamos de Mecânica Analítica (Truesdell, 1975; Maltese, 1992).

3. *Visão cumulativa de crescimento linear*: Trata-se de uma visão que ignora as crises. Ela é complementar à visão rígida, apresentada no item anterior. É uma interpretação simplista da construção dos conhecimentos científicos, que não mostra que existem teorias rivais a um determinado conhecimento, e nem controvérsias (Gil-Pérez et al., 2001, p.132) relativas à sua construção. Tem a ideia de que o método científico funciona sempre e de maneira linear.

Conforme mencionado no item anterior, Euler foi fundamental na transformação e ampliação da Mecânica (Pulte, 2001). A concepção trazida nos livros didáticos, até mesmo os de Ensino Superior, é simplista no sentido de retratar a construção das Leis de Newton, como se tivessem sido escritas por Newton nos *Principia*, de uma vez por todas, e desde 1687, não tivessem sido superadas ou modificadas (Sitko, 2019a). É ignorado o papel do coletivo e de todo o tempo, das crises, dos desenvolvimentos, altos e baixos, que fizeram emergir a Mecânica que hoje conhecemos, e que aqui representamos por Euler⁵. Principalmente, é ignorado o fato de $F = ma$ não ter sido escrita por Newton, mas somente cerca de 60 anos depois, na obra de Euler, “*Découverte d’un nouveau principe de mécanique*” (Descoberta de um novo princípio da mecânica) (Euler, 1750); ou seja, é ignorada a crise, que limitava as resoluções dos problemas, e a qual Euler precisou interferir e superar; essa ignorância leva uma imagem de ciência com crescimento linear: Newton pensa sobre mecânica, uma maçã cai em sua cabeça, e ele então elabora as leis do movimento e a gravitação universal (Martins, 2006).

Entre Newton e Euler, cientistas como Hooke, Varignon, Hermann, Johann Bernoulli, estiveram muito perto de escrever o princípio fundamental. Estes tinham algumas concepções complementares entre si, mas algumas delas eram paralelas e não convergentes. A partir disso, podemos ver novamente que não ocorre uma evolução linear e sem altos e baixos na ciência. Por exemplo, Euler descreveu uma base alternativa à newtoniana⁶ (Fraser, 1988; Panza, 2003; Sitko, 2019b) enquanto pensava sobre os problemas mecânicos.

4. *Visão individualista e elitista*: É a concepção de que a ciência é feita por gênios isolados, ignorando o papel do coletivo. Não se revela o caráter de construção humana e coletiva da Ciência. É vista como uma atividade masculina. Não são mostradas as hesitações e erros. Também há o outro lado dessa visão, que encara a atividade científica como simples e próxima do senso comum (Gil-Pérez et al., 2001, p.133). O principal contraponto dessa visão seria o de apresentar uma ciência como produto de um coletivo.

⁵ O nome de Euler é mencionado várias vezes devido à sua imensa contribuição na área, entretanto, muitos outros cientistas também fizeram parte do coletivo que construiu $F = ma$.

⁶ A partir de princípios variacionais.

Podemos retomar a história antes da produção dos *Principia*, quando Newton estudava a obra de Huygens, *Horologium oscillatorium* (1673), na qual Huygens apresentou três hipóteses a respeito do movimento de corpos em queda. A primeira hipótese tratava de movimento uniforme na ausência da gravidade (aceleração), e a segunda, tratava do movimento dos corpos quando há gravidade (Pourciau, 2011).

Tais hipóteses são similares às Primeira e Segunda Leis de Newton, o que evidencia que Newton se apoiou na produção de Huygens para a produção de sua Mecânica. Além disso, mesmo com as desavenças com Hooke, não há como negar que este contribuiu, através de suas críticas e discussões, para o pensamento mecânico de Newton⁷ (Westfall, 1995).

Já foi mencionado nos itens anteriores o papel fundamental de Euler na emergência da Mecânica Analítica. Contudo, é importante lembrar que entre as mudanças realizadas pelo cientista estão a introdução do formalismo leibniziano, das coordenadas cartesianas, e da unificação do conceito de força. Para que tais mudanças ocorressem, foi necessário se apoiar nos estudos de Leibniz, Descartes, e também de Johann Bernoulli (Maltese, 1992; Dias, 2017; Truesdell, 1955). O que se deseja mostrar com essas constatações é que um único cientista não faz ciência: é necessário um coletivo para tanto.

Após Euler e seus estudos de Mecânica, que estavam de acordo com o método original de Newton, e que estabeleceu um tratamento analítico para qualquer sistema mecânico, baseado em uma única equação geral, o chamado Princípio Variacional, Lagrange pôde obter novos resultados para o desenvolvimento da Mecânica Analítica (Pulte, 2001). Isso mostra que Euler também não foi definitivo; a ciência está sempre em construção.

Outro aspecto a ser mencionado neste tópico é novamente a respeito das hesitações e erros. Newton era intolerante a críticas e inseguro, o que lhe causou a não publicação de vários trabalhos, e também foi o que o levou a publicar três edições dos *Principia*, ora por ter encontrado erros nos cálculos das versões anteriores (Westfall, 1995), ora apenas pela estética, como é o caso do enunciado da Segunda Lei (Pourciau, 2011, p. 1017). Assim, Newton jamais chegaria ao princípio fundamental sozinho; ele precisava dos seus sucessores, que tomassem seu trabalho como base e trabalhassem como um coletivo para o estabelecimento de um conhecimento generalizado em mecânica.

5. *Visão a-problemática, a-histórica, dogmática*: Nessa visão são transmitidos conhecimentos prontos, sem que seja mencionada a problemática a partir da qual foram concebidos. Entretanto, conhecimentos são problemáticos, advêm de algum problema. Esta é uma visão construída por omissão (Gil-Pérez et al., 2001, p.131). Como afirma Bachelard (1996), “*todo conhecimento é a resposta a uma pergunta*”.

A pergunta nesse caso seria: Por que Newton enunciou as leis de movimento? Resposta a qual pergunta isso era?

⁷ Ao tratarem, por correspondência, do problema planetário que deu origem à Gravitação Universal. É importante lembrar que as três leis do movimento são axiomas necessários para a enunciação da Gravitação Universal.

Na década de 1680, já era consenso entre os físicos que a força centrípeta dos planetas em relação ao Sol deveria decrescer com o inverso do período destes ao quadrado. A grande pergunta da época era como se chegar às leis de Kepler a partir de princípios da dinâmica, ou seja, como demonstrar as leis do movimento planetário através da relação do inverso quadrado (Westfall, 1995).

Em 1684, Halley visitou Newton com o intuito de perguntar-lhe a respeito das trajetórias descritas pelos planetas, e os respectivos cálculos. Newton afirmou que já havia realizado os cálculos anteriormente, mas que os havia perdido, e que logo os enviaria a Halley (entretanto, Newton ainda tinha os papéis, apenas não queria entregar a Halley, para que não ocorresse a mesma situação vivida com Hooke, em que este teria “roubado” suas ideias a respeito do cálculo). Quando Newton se pôs a refazer os cálculos, percebeu que havia errado alguns diagramas, e assim, não conseguiu mais resolver o problema (Westfall, 1995).

Entretanto, não desistiu do problema, e, mais tarde, conseguiu resolvê-lo, ainda no mesmo ano, resultando no tratado *De motu Corporum Liber Secundus*. Mesmo após a entrega do tratado a Halley, Newton continuou escrevendo acerca do assunto, refazendo definições e hipóteses, utilizando dados de Flamsteed (Westfall, 1995) para melhorar suas demonstrações, o que resultaria, dentro de alguns meses, nos *Principia*. Nesse material, as leis do movimento eram pré-requisitos da Gravitação Universal, ou seja, eram parte do trabalho de Newton, mas não seu objetivo central.

Outra pergunta importante a ser feita seria: por que Euler quis modificar a Segunda Lei de Newton?

É importante frisar que seu objetivo inicialmente não era modificá-la, sem um propósito bem definido, mas, uma vez que os princípios newtonianos eram insuficientes para estudar a rotação de corpos sólidos, que eram o objeto de estudo de Euler (Sitko 2019b; Maltese, 1992), fazia-se necessário encontrar princípios apropriados (Euler não estudou apenas Newton, mas Varignon, Hermann, e todos que produziram a respeito de Mecânica) (Maronne & Panza, 2014). Assim, a formulação de $F = ma$ era apenas uma parte de seu estudo, e não seu objetivo central. Seu objetivo era construir uma Mecânica válida para todos os casos mecânicos (Maltese, 1992).

Outro fator que deve ser levado em conta é que a ciência não pode ser tratada como um dogma, como algo que não pode estar errado ou sofrer modificações; a ciência está em constante transformação. Conforme Truesdell (1960; 1968) explana, a ciência é passível de modificações; a maior prova disso é que as idolatradas Leis de Newton foram grandemente modificadas, e a contribuição de Euler é que este ampliou a Segunda Lei para o que conhecemos como Princípio Fundamental do Movimento, ou, Segunda Lei de Newton.

6. *Visão exclusivamente analítica*: Essa visão destaca a divisão parcelar dos estudos, e possui caráter simplificador e limitado. Há uma desvalorização dos processos de unificação (Gil-Pérez et al., 2001), e um afastamento da realidade, ou seja, do contexto em que o conhecimento foi elaborado.

Um exemplo citado por Gil-Pérez et al. (2001) é a síntese newtoniana, que finalmente unificou os movimentos celestes e terrestres, recusados anteriormente na obra de Copérnico e de Galileu; entretanto, tal síntese não é mencionada no estudo de Mecânica. É a contribuição mais importante de Newton e não é mencionada.

Além disso, podemos retomar o item anterior, que mostra que as leis de movimento de Newton eram apenas parte de sua obra-prima, e que foram descritas para resolver um problema maior, que era o da atração entre corpos. As leis eram, nesse caso, parte de um todo que seria unificado na Mecânica de Newton.

É possível também discutir a respeito da omissão dos trabalhos de Euler na modificação da Segunda Lei. Euler generalizou o trabalho de Newton, ou, como o próprio diz em seu artigo (Euler, 1750), formulou um novo princípio da Mecânica, e não é mencionado hoje durante o estudo dessa área Euler teve papel fundamental nesse empreendimento, pois ele reuniu vários conhecimentos e ferramentais para a produção da Mecânica Analítica. Foi ele que introduziu o formalismo diferencial e integral, as coordenadas cartesianas, o uso de funções, unificou os conceitos de forças, confusos em Newton (Sitko, 2019a), e, assim, conseguiu generalizar a ideia newtoniana para uma grande quantidade de problemas. Sem o uso de uma abordagem contextualizada historicamente, a construção de $F = ma$ torna-se vaga e confusa.

Ainda neste item, pode-se observar claramente nos livros didáticos a concepção exclusivamente analítica ao ser apresentada a fórmula $F = ma$ sem sua contextualização, o que pode levar o aluno a não compreender o conteúdo e ter uma falsa imagem de como tal conhecimento foi produzido (Sitko, 2019a). Essa visão não se importa com como o conhecimento foi produzido, apenas seu produto.

7. *Imagem de ciência socialmente neutra*: Essa visão se esquece das relações Ciência, Tecnologia e Sociedade. Nela, cientistas são neutros, não tomam partido em nada, não possuem interesses, nem são afetados pelo mundo ao seu redor (Gil-Pérez et al., 2001).

Na primeira edição dos *Principia*, Newton faz referência a Hooke, que também postulava princípios de atração planetária, apesar das brigas entre eles. Posteriormente à edição, Hooke informou a Halley sua pretensão de levar o crédito pela invenção da lei do inverso quadrado (Westfall, 1995). Newton relata sua fúria através de cartas enviadas a Halley, pois acreditava que tal lei não pertencia a Hooke, conforme já comentado neste texto. Assim, na versão final do livro, Newton retirou toda a referência que fizera a Hooke anteriormente.

Dessa forma, devido à desavença entre os dois, Newton, mesmo tendo recebido de Hooke contribuições para seu trabalho, omitiu-a, em razão de sua fúria. Cientistas não são neutros e são afetados pelo mundo ao seu redor.

Além disso, há também uma controvérsia a respeito da invenção do Cálculo Diferencial e Integral entre Newton e Leibniz (Dhombres, 2014). Devido a essa rixa, jamais Newton utilizaria as notações de Leibniz, as quais foram utilizadas posteriormente por Euler (conforme Sitko 2019b) para a formulação da forma moderna da Segunda Lei.

Se os cientistas realmente fossem neutros, talvez Newton as tivesse utilizado, e, quem sabe, chegado mais próximo de $F = ma$ (Para um detalhamento sobre os elementos utilizados por Euler para a construção de $F = ma$, ver Sitko 2019b).

Com relação a Euler, este estava estudando a Segunda Lei devido à intenção de ganhar um concurso da Academia de Ciências francesa e devido a todos os problemas e necessidades de engenharia naval da época. O interesse era monetário. Ninguém vai para o laboratório, ou pesquisa qualquer objeto sem ter um interesse, uma ideia a priori do que se deseja. Cientistas não são neutros, e a ciência, conseqüentemente, também não.

Outra concepção que podemos encaixar na de ciência neutra é a ideia de que esta é direcionada em prol da tecnologia para melhoria da nossa qualidade de vida. A ciência é desenvolvida a partir de problemas e esses problemas sempre advêm de interesses; pode ser que esse processo leve ao desenvolvimento de tecnologias em favor da humanidade, mas não significa que a ciência funciona para esse fim.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção da Segunda Lei de Newton não ocorreu durante a queda de uma maçã, nem mesmo dentro do escritório de Newton durante um momento de *insight* criativo. O conhecimento científico é produzido ao longo do tempo, conta com a ajuda de um coletivo, e não de gênios isolados, e tem que enfrentar crises, substituições e ampliações. Após Newton, ainda foram necessários mais de sessenta anos de pesquisas até a formulação de “sua” lei.

O conhecimento não é livre de valores nem de influências, assim como foi observado nas desavenças com Hooke e Leibniz; não é infalível, e toda produção é a resposta a uma pergunta. No caso de Newton, as Leis de Movimento são parte de uma obra que se preocupava em explicar os movimentos dos corpos celestes em órbita.

Este trabalho tomou como base o artigo *Para uma imagem não deformada do trabalho científico* (Gil-Pérez et al, 2001), utilizando o episódio histórico da construção de $F = ma$ como exemplificação para as visões deformadas apresentadas no trabalho de Gil-Pérez et al. 2001. A pretensão deste foi mostrar que o ensino de Leis de Newton, mais especificamente o da Segunda Lei, assim como de outros assuntos, pode apresentar imagens distorcidas do trabalho científico mediante uma abordagem a-problemática, exclusivamente analítica, proposta por um gênio infalível.

Além disso, o enunciado da Segunda Lei, conforme apresentado nos *Principia*, e que é praticamente o mesmo apresentado nos livros didáticos, seguido da formulação $F = ma$, não fornece uma relação direta, e para que o aluno seja capaz de compreender a relação entre o enunciado original e a fórmula euleriana, é necessária a abordagem histórica.

Assim, conforme explana Matthews (2015), além de proporcionar uma maior significação a respeito do conteúdo em questão, acredita-se que o uso de História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências possa proporcionar a humanização do trabalho

científico, trazendo a Ciência para próximo do estudante, mostrando que cientistas são pessoas quaisquer; dessa forma, acredita-se que a partir de abordagens históricas o aluno terá maior interesse pelo estudo da Ciência, e também maior facilidade em compreender como o conhecimento científico é produzido.

DECLARAÇÃO DE DISPONIBILIDADE DE DADOS

O compartilhamento de dados não é aplicável a este artigo, pois nenhum dado novo foi criado ou analisado neste estudo.

REFERÊNCIAS

- Bachelard, G. (1996). *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Rio de Janeiro: Contraponto.
- Chaib, J. P. & Aguiar, M. C. (2016). Força de inércia: aprofundando o debate. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 33(1), 142-161.
- Chalmers, A. F. (1993). *O que é Ciência, afinal?* São Paulo: Brasiliense.
- Dhombres, J. G. (2014). A Tentative Interpretation of the Epistemological Significance of the Encrypted Message Sent by Newton to Leibniz in October 1676. *Advances in Historical Studie*, 3(1), 22-32.
- Dias, P. M. C. (2017). Leonhard Euler's "principle of mechanics" (an essay on the foundations of the equations of motion). *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 39(4), e4601.
- Euler, L. (1750). Découverte d'un nouveau principe de mécanique. *Mémoires de l'Académie des sciences de Berlin*, 6, 185-217.
- Feyerabend, P. (1977). *Contra o método*. Rio de Janeiro: F. Alves.
- Fraser, C. G. (1988). The calculus as algebraic analysis: Some observations on mathematical analysis in the 18th century. *Archive for History of Exact Sciences*, 39, 317-335.
- Gil-Pérez, D., Montoro, I. F., Alís, J. C., Cachapuz, A. & Praia, J. (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Revista Ciência e Educação*, Bauru, 7(2), 125-153.
- Hepburn, B. S. (2007). *Equilibrium and explanation in 18th century mechanics*. (134f). Tese de doutorado, Faculdade de Artes e Ciências, Universidade de Petersburgo, Petersburgo.
- Huygens, C. (1673). *Horologium oscillatorium sive de motu pendulorum ad horologia aptato demonstrations geometricae*. Muguet, Paris.
- Kuhn, T. (1989). *A Tensão Essencial*. (R. Pacheco Trad). Lisboa: Edições 70.
- Kuhn, T. (2007). *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva.
- Lakin, S & Wellington, J. (1994). Who will teach the "nature of science"?: teachers view of science and their implications for science education. *International Journal of Science Education*, 16(2), 175-190.

- Maltese, G. (1992). *La storia di "F = ma"*. La seconda legge del moto nel XVIII secolo. Firenze: Biblioteca di nunciis.
- Maronne, S. & Panza, M. (2014). Euler, Reader of Newton: Mechanics and Algebraic Analysis. *Advances in Historical Studies*, 3(1), 12-21.
- Martins, R. A. (2006). A maçã de Newton: história, lendas e tolices. Pp. 167-189, in: Silva, C. C. (ed.). *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Livraria da Física.
- Matthews, M. R. (2015). *Science teaching: The contribution of history and philosophy of science*. New York: Routledge.
- Newton, I. (1990). *Princípios Matemáticos de Filosofia Natural*. Livro I. (1ª Ed., Trieste S.F. Ricci, Leonardo G. Brunet, Sônia T. Ghering and Maria Helena C. Celia, Trans.). São Paulo: Nova Stella Editora (Obra original publicada em 1687).
- Panza, M. (2002). Mathematisation of the science of motion and the birth of analytical mechanics: a historiographical note. In: Cerrai, P., Freguglia P., & Pellegrini, C. (Eds.) *The application of mathematics to the sciences of nature. Critical moments and aspects* (pp. 253-271). New York: Kluwer/ Plenum.
- Panza, M. (2003). The Origins of Analytical Mechanics in 18th century. H. N. Jahnke. *A History of Analysis*, American Mathematical Society and London Mathematical Society, 137-153.
- Pourciau, B. (2011). Is Newton's second law really Newton's? *American Journal of Physics*. 79(10).
- Praia, J., Cachapuz, A. & Gil-Pérez, D. (2002). Problema, teoria e observação em ciência: para uma reorientação epistemológica da educação em ciência. *Ciência & Educação*. 8(1), 127-145.
- Pulte, H. (2001). Order of Nature and Orders of Science. On Mathematical Philosophy of Nature from Newton and Euler to Lagrange and Kant and its Changing Concepts of Science from Newton and Euler to Lagrange and Kant. In: W. Lefèvre (eds). *Between Leibniz, Newton, and Kant* (v. 220, 61-92). Boston Studies in the Philosophy and History of Science. Dordrecht: Springer.
- Sitko, C. M. (2019a). Why Newton's Second Law is not $F=ma$. *Acta Scientiae*. 21(1), 83-94.
- Sitko, C. M (2019b). Os desenvolvimentos da Mecânica Analítica que culminaram na elaboração de $F=ma$. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. 36(1).
- Truesdell, C. A. (1955). Rational Fluid Mechanics, 1687-1765. In C. A. Truesdell (Ed.), *Opera Omnia* (Series II, Vol. 12). Lausanne: Orell Füssli.
- Truesdell, C. (1960). A Program toward Rediscovering the Rational Mechanics of the Age of Reason. *Archive for History of Exact Sciences*. 1(1), 1-36.
- Truesdell, C. (1968). *Essays in the History of Mechanics*. Springer-Verlag: New York.
- Truesdell, C. (1975). *Ensayos de historia de la mecánica* (J. C. N. Howard and E. T. Perez-Relaño Trans.). Madrid: Tecnos.
- Westfall, R. (1995). *A vida de Isaac Newton*. (V. Ribeiro, Trans.). Rio de Janeiro: Nova Fronteira.