

COLÉGIO PEDRO II

Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura

Especialização em Ensino de Física na Educação Básica

José Anderson de Oliveira

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA:
Um olhar sobre alguns dos aspectos da Natureza da Ciência a partir
de concepções de força

Rio de Janeiro
2021



José Anderson de Oliveira

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA:

Um olhar sobre alguns dos aspectos da Natureza da Ciência a partir de concepções de força.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização em Ensino de Física na Educação Básica, vinculado à Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura do Colégio Pedro II, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Ensino de Física na Educação Básica.

Orientador (a) Professor M.Sc. Alfredo Sotó Fernandes Júnior.

Rio de Janeiro

2021

COLÉGIO PEDRO II

PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA, EXTENSÃO E CULTURA

BIBLIOTECA PROFESSORA SILVIA BECHER

CATALOGAÇÃO NA FONTE

O48 Oliveira, José Anderson de

Sequência didática para o ensino de física: um olhar sobre alguns dos aspectos da natureza da ciência a partir das concepções de força / José Anderson de Oliveira. - Rio de Janeiro, 2021.

53 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ensino de Física) – Colégio Pedro II, Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura.

Orientador: Alfredo Sotto Fernandes Junior.

1. Física – Estudo e ensino. 2. Sequência didática. 3. Ciência – História. 4. Leis de Newton. I. Fernandes Junior, Alfredo Sotto. II. Colégio Pedro II. III Título.

CDD 530

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Simone Alves – CRB7 5692.

José Anderson de Oliveira

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA:

Um olhar sobre alguns dos aspectos da Natureza da Ciência a partir de concepções de força

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização em Ensino de Física na Educação Básica vinculado à Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura do Colégio Pedro II, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Ensino de Física na Educação Básica.

Aprovado em: ____/____/____.

Professor M.Sc Alfredo Sotto Fernandes Júnior (Orientador)
Colégio Pedro II/Departamento de Física

Professor Dr. Robson Costa de Castro
Colégio Pedro II/Departamento de Física

Professor M.Sc Julien Lopes Pereira
Colégio Pedro II/Departamento de Física

Professor M.Sc Ricardo Fagundes Freitas da Cunha
Colégio Pedro II/Departamento de Física

*Dedico este trabalho a Deus, minha esposa e
minha família.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por toda sua grandiosidade e auxílio em minha vida até o presente momento. Ao meu orientador Prof. Mestre Alfredo Sotto Fernandes Júnior por contribuir significativamente para o meu trabalho. Aos professores da Pós-graduação por todo o aprendizado que me proporcionaram, por contribuírem significativamente para minha formação acadêmica e por terem se empenhado para o desenvolvimento de suas excelentes aulas durante o curso. À minha esposa por sempre acreditar em mim, por me incentivar, por me apoiar nos meus projetos de vida e por estar ao meu lado em todos os momentos, sejam eles agradáveis ou difíceis. A toda minha família e em especial ao meu pai e minha mãe por me conceberem e por sempre terem me doado o melhor de suas vidas.

*Em seu coração o homem planeja o seu caminho,
mas o Senhor determina seus passos.*

(Provérbios 16:9)

RESUMO

OLIVEIRA, José Anderson. **Sequência didática para o Ensino de Física**: um olhar sobre alguns dos aspectos da Natureza da Ciência a partir de concepções de força. 2021. 51 f.. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ensino de Física na Educação Básica) – Colégio Pedro II, Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura, Rio de Janeiro, 2021.

Este trabalho consiste em abordar alguns aspectos da Natureza da Ciência, através de concepções de força, para o Ensino de Ciências. Para tal, o foco principal será apresentar possibilidades de explorar as concepções da Natureza da Ciência como, por exemplo, compreender a ciência como um empreendimento humano, transitório e construído coletivamente a fim subsidiar à alfabetização científica dos sujeitos na sociedade. Tal alfabetização poderá ocorrer pelo desenvolvimento de habilidades específicas que possam contribuir para modificações comportamentais, atitudinais e acima de tudo educacionais nos alunos. Sendo assim, espera-se que haja um ensino capaz de proporcionar a capacitação dos indivíduos para que tomem decisões na sociedade de forma consciente e democrática. A sequência é composta de duas perguntas investigativas iniciais, um conteúdo historiográfico que descreve as concepções de força na Antiguidade e na Idade Média, além de cinco perguntas investigativas finais. Espera-se que os aspectos da NdC circundantes à toda sequência didática possam oportunizar ao ensino-aprendizado das Leis de Newton, como estabelecer possibilidades para um Ensino de Ciências significativo capaz agir no combate à disseminação de desinformações, assim como na proliferação de grupos que negam à ciência na sociedade.

Palavras-chave: Sequência didática. Natureza da Ciência. Conceitos de Força.

ABSTRACT

OLIVEIRA, José Anderson. **Sequência didática para o Ensino de Física: um olhar sobre alguns dos aspectos da Natureza da Ciência a partir de concepções de força.** 2021. 51 f.. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ensino de Física na Educação Básica) – Colégio Pedro II, Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura, Rio de Janeiro, 2021.

This paper consists on approaching some aspects of the Nature of Science, through the concepts of force, for Science Teaching. For such, the main focus will be presenting the possibilities of exploring the concepts of the Nature of Science as such, for example, comprehend the Science as a human and transitory undertake built collectively to subsidize the scientific literacy of society's subjects. This literacy could occur through the development of specific skills that can contribute to behavioral, attitudinal and overall educational modifications on students. Therefore, it is expected that there is a teaching capable of providing the capacitation on individuals so they can make decisions on the society with a conscient and democratic way. The sequence is composed of two initial investigative questions, a historiographic that describes the concepts of force in the Ancient History and the Middle Age, as well as five final investigative questions. It is expected that the aspects of the NoS surrounding the entire didactic sequence can provide opportunities to the teaching-learning of Newton's Laws, how to establish possibilities of a meaningful Science Teaching capable of combating the dissemination of misinformation, as well as the proliferation of groups that deny Science in the society.

Keywords: Didactic sequence. Nature of Science. Concepts of Force.

RESUMEN

OLIVEIRA, José Anderson. **Sequência didática para o Ensino de Física: um olhar sobre alguns dos aspectos da Natureza da Ciência a partir de concepções de força.** 2021. 51 f.. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ensino de Física na Educação Básica) – Colégio Pedro II, Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura, Rio de Janeiro, 2021.

Este trabajo consiste en el abordaje de algunos aspectos de la Naturaleza de la Ciencia a través de concepciones de fuerza para la Enseñanza de Ciencias. Para ello, el enfoque principal será la presentación de posibilidades de explorar las concepciones de la Naturaleza de la Ciencia como, por ejemplo, comprender la ciencia como un emprendimiento humano, transitorio y construido colectivamente con tal de subsidiar la alfabetización científica de los sujetos en la sociedad. Tal alfabetización podrá ocurrir por el desarrollo de habilidades específicas que puedan contribuir para modificaciones comportamentales, actitudinales y, antes que todo, educacionales en los alumnos. De esa manera, se espera que haya una enseñanza capaz de proporcionar la capacitación de los individuos para que tomen decisiones en la sociedad de forma consciente y democrática. La secuencia se compone de dos preguntas investigativas iniciales, un contenido historiográfico que describe las concepciones de fuerza en la Antigüedad y en la Edad Media, además de cinco preguntas investigativas finales. Se espera que los aspectos de la NdC que permean toda la secuencia didáctica puedan proporcionar la enseñanza-aprendizaje de las Leyes de Newton, como establecer posibilidades para una Enseñanza de Ciencias significativa capaz de actuar en el combate a la diseminación de desinformaciones, bien como a la proliferación de grupos que niegan la ciencia en la sociedad.

Palabras clave: Secuencia didáctica. Naturaleza de la Ciencia. Conceptos de Fuerza.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo Geral.....	15
2.2	Objetivos específicos	15
3	JUSTIFICATIVA	16
4	PRESSUPOSTOS TEÓRICOS	20
5	PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS	27
6	SEQUÊNCIA DIDÁTICA	30
6.1	Questões investigativas iniciais: lançamento vertical e queda de uma esfera 30	
6.2	Comentários sobre as questões	31
6.3	Historiografia	33
6.3.1	Os mitos cosmogônicos	33
6.3.2	Força na Grécia Antiga.....	35
6.3.3	Leibniz e Descartes: qual a “real” medida de força?.....	40
6.3.4	As influências das questões extracientíficas.....	44
6.4	Discussão.....	47
6.5	Questões investigativas finais: investigando os aspectos da Natureza da Ciência.....	48
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49
	REFERÊNCIAS.....	51

1 INTRODUÇÃO

Atualmente pode-se perceber que os apelos emocionais e as crenças pessoais têm tido maior influência em moldar a opinião da sociedade do que os fatos objetivos apresentados pela ciência. (LIMA et. al, 2019). Isto tem gerado na sociedade e no mundo um espírito de descrença e de negação à ciência que têm sido cada vez mais preocupante, tendo em vista os desdobramentos decorrentes do avanço deste quadro.

Nas diversas mídias sociais é evidente o surgimento de grupos que negam à ciência, seja afirmando que a Terra é plana, contrários às vacinas ou até contribuindo para o agravamento da crise ambiental. Tais comportamentos, ações e atitudes contrárias à Ciência parecem ter diferentes motivações, sendo inegável que uma delas está relacionado à interesses econômicos (ARTAXO, 2019).

Grupos negacionistas relacionados ao aquecimento global, por exemplo, têm sido cada vez mais preocupante e ameaçador à existência humana devido às estratégias que têm empregado para defenderem seus interesses econômicos, negligenciando os efeitos severos das mudanças climáticas.

Mesmo com a existência de diversos dados importantes para o entendimento sobre o aquecimento global, resultantes de pesquisas científicas rigorosas, contidos nos relatórios da IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), o questionamento e a negligência à ciência têm perpetuado (ARTAXO, 2019).

Sob outra perspectiva, o comportamento humano que se posiciona contrário à ciência na questão da crise ambiental parece estar fundamentado na falta de conciliação entre desenvolvimento e sustentabilidade. Neste sentido, o comportamento e as ações de alguns grupos ou de indivíduos estariam associados à desintegração na percepção entre sujeito-ambiente. Em outras palavras o sujeito compreende que tanto seu comportamento quanto suas ações detêm uma posição de neutralidade em relação ao ambiente.

Seja por uma visão dicotômica na relação entre sujeito-ambiente, por interesses econômicos ou por quaisquer outros motivos, destaca-se a urgência de aumentar campanhas que possam combater à desinformação disseminada pelos grupos negacionistas. Assim, é fundamental que ocorram mudanças atitudinais, comportamentais e sobretudo educacionais na sociedade a fim de reverter os impactos da crise ambiental global, além de impedir que a humanidade seja conduzida a um futuro desastroso e cada vez mais incerto.

Especificamente, deve-se privilegiar um ensino capaz de capacitar o cidadão para a participação e tomada de decisões na sociedade, sob um ponto de vista mais consciente e democrático (OLIVEIRA; FERREIRA; CASTRO, 2020). Neste sentido, cabe à Educação Científica promover tais mudanças nos sujeitos, direcionando-os através de um ensino de ciências que privilegie a “[...] alfabetização, letramento ou enculturação científica [...]” (SASSERON, 2015, p. 56. Tais objetivos devem levar em consideração a compreensão da Natureza da Ciência como seu funcionamento, sua produção, validação e comunicação, assim como as peculiaridades epistemológicas de seu conhecimento. Trata-se de um conjunto de elementos, um conteúdo metacientífico capaz de abranger as questões internas e externas à ciência.

Em relação às externas, entende-se “[...] como a influência de elementos sociais, culturais, religiosos e políticos na aceitação ou rejeição de ideias científicas [...]” (MOURA, 2014, p. 32). Um ensino de ciências que leve em consideração os aspectos externos à ciência exige que o professor faça escolhas quanto às possibilidades de abordagem. Uma das possibilidades, capaz de direcionar a prática docente, está contida na utilização da História da Ciência. Entretanto a escolha de uma historiografia para o Ensino de Ciências, segundo (SILVA, 2011), não é uma tarefa simples, pois é difícil ter objetividade absoluta. Além disso, quando se opta por esse caminho, deve-se levar em consideração que a história que é construída exige escolhas a respeito de fatores relevantes a história que se pretende destacar. Portanto, parece razoável a consideração de que quando o professor faz uso dessa metodologia, ele apresente uma história carregada de convicção histórica, social, epistemológica e ideológica, resultando em um conteúdo relevante ou não ao Ensino de Ciências.

Uma historiografia voltada para um ensino-aprendizado apenas pautado **em** ciências, carece de significação. Sendo assim, busca-se um conteúdo agregado a uma Educação **em, sobre e pela** Ciência. A partir de muitas abordagens **sobre** ciências (econômica, política, metodológica, dentre outras) a historiografia tem sido recomendada como útil para a promoção de uma formação de qualidade (FORATO, 2011).

Dessa forma, acredita-se que através de uma sequência didática como estratégia pedagógica, que faça uso da historiografia, seja possível alcançar às expectativas sobre o Ensino de Ciências que, ao mesmo tempo que atenda aos interesses do professor, possa transformar a sociedade.

Sendo assim, sugere-se a apresentação de uma sequência didática composta de perguntas, contextos historiográficos e momentos reflexivos para o ensino das Leis de

Newton. Espera-se promover um olhar para alguns dos aspectos da Natureza da Ciência a partir de concepções de força.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Propor uma sequência didática que possibilite ao professor evidenciar alguns dos aspectos da Natureza da Ciência para o aprendizado das Leis de Newton no Ensino de Física, assim como possibilitar um Ensino de Ciências significativo capaz de promover o combate à desinformação e a proliferação de grupos que negam à ciência na sociedade.

2.2 Objetivos específicos

- Abordar aspectos internos quanto internos à ciência (conteúdos metacientíficos) na sequência didática para o aprendizado das Leis de Newton e para os objetivos da Educação Científica;
- Explorar aspectos da NdC que permitam o desenvolvimento de habilidades específicas nos sujeitos capazes de oportunizarem tanto a ação quanto a interação dos sujeitos na sociedade, de forma consciente e democrática;
- Possibilitar a alfabetização dos sujeitos, promovendo concomitantemente a enculturação científica assim como o letramento através da associação dos aspectos da NdC à sequência didática.

3 JUSTIFICATIVA

Atualmente a sociedade tem presenciado o surgimento de grupos que contestam a ciência com seus discursos demasiadamente relativistas os quais têm influenciado e moldado a opinião pública. Estes grupos vêm disseminando suas ideias na sociedade a partir de apelos e crenças, influenciando negativamente e de forma reducionista as ações e as tomadas de decisões das pessoas, acerca de temas sociocientíficos complexos. Isso se deve ao fato de que muitas das ideias desses grupos apresentam aspectos de veracidade, podendo assim confundir e enganar o público com ideias superficiais e restritas (SANTOS, 2019). Além disso, se legitimadas e compartilhadas de forma livre desenfreada, elas podem contribuir para um futuro indesejado em que os problemas de ordem social, econômico e cultural possam ser ampliados e reforçados.

Não se imaginava que tais grupos fossem capazes de conquistar adeptos, conforme tem sido observado nas diversas mídias, nem que eles ocupariam um espaço nos trabalhos acadêmicos e nas rodas de conversa. Conforme Moura et. al. (2020, p. 1011), esses grupos “[...] não só tomaram o debate público, como os meios pelos quais tais discursos ganham popularidade têm sido replicados para outros temas, como o desmatamento, o debate econômico, debates sobre imigração, entre muitos outros [...]”. Tal alargamento nos discursos desses grupos tem gerado preocupações, tendo em vista que muitas de suas ações desastrosas e superficiais estão pautadas em temas caros à sociedade. Sobretudo, tais ações têm sido tomadas sem que haja um esgotamento nas discussões e debates entre especialistas e a sociedade, retratando uma completa incoerência e descarte do compromisso social.

No contexto de crise ambiental que o mundo tem enfrentado, por exemplo, e em específico no quadro do atual aquecimento global, observa-se que muito já foi discutido sobre o tema, mas quase nada foi feito no combate do problema real. Tem-se percebido, através do agravamento da crise, uma total negligência por parte das autoridades acerca de mudanças que sejam, de fato, significativas para reverter a atual conjuntura climática. Mas por que razão os governantes têm negligenciado a crise ambiental, evidenciada pelos seus efeitos severos como também pelos diversos trabalhos que responsabilizam a humanidade pela crise global? A partir de Artaxo (2019), uma das razões para tal comportamento negacionista encontra-se fundamentada na relação estabelecida entre os grandes empresários e os políticos. De modo geral, tal comportamento reflete o interesse de grupos que buscam uma manutenção econômica, assim como sua expansão, em

detrimento ao combate dos efeitos desastrosos do aquecimento global como chuvas intensas, secas extremas e perda da biodiversidade dentre outros. Especificamente, os grandes empresários de petróleo e carvão ao redor do mundo buscam financiar as campanhas políticas eleitorais a fim de garantirem que seus interesses capitalistas sejam preservados (ARTAXO, 2019).

A intenção dos empresários sobre os políticos visa garantir que não sejam tomadas medidas que mitiguem à obtenção de seus lucros, ou seja, que os obriguem a adequarem seus empreendimentos às urgências ambientais (ARTAXO, 2019). Neste tipo de relação entre políticos e empresários, fica evidente que a ideia de desenvolvimento está associada exclusivamente ao crescimento econômico.

Se por um lado o comportamento e as ações negacionistas, neste caso, estão fundamentados em acordos que desequilibram a verdadeira relação entre o desenvolvimento e a sustentabilidade, de outro modo parecem estar atrelados à uma visão desintegrada na percepção entre sujeito e ambiente. Sendo assim, tanto a manifestação do comportamento dos sujeitos negacionistas quanto suas ações, ocupam uma posição de neutralidade em relação ao ambiente. Neste contexto, torna-se impossível conciliar o desenvolvimento para suprir as necessidades da geração atual com a ideia de sustentabilidade, ou seja, a capacidade de atender às futuras gerações.

Considerando que a conservação dos recursos sustentáveis para o futuro deve ser uma prioridade na relação humana com o ambiente, é inegável que mudanças urgentes ocorram a fim de reverter a crise ambiental global. É preciso que elas sejam significativas sendo, portanto, necessária uma transformação comportamental, atitudinal e sobretudo educacional. Para Cachapuz et. al. (2005, p. 14) a “ [...] emergência planetária aparece associada a comportamentos individuais e coletivos orientados para a procura de benefícios particulares e a curto prazo, sem tomar em conta as suas consequências para com os outros ou para com as futuras gerações [...]”.

A fim de reverter a crise ambiental global através da educação, entende-se ser fundamental que o ensino de ciências esteja direcionado ao desenvolvimento de habilidades nos sujeitos, capazes de refletirem no comportamento e nas ações humanas. Conforme Helbel & Vestana (2017), os sentidos humanos são capazes de selecionar, adquirir e interpretar as informações do ambiente a fim de constituírem sua percepção. Desta forma, a relação que o indivíduo estabelece com seu entorno se dá por meio de sua percepção consciente que organiza e interpreta todas as informações captadas pelo seu sentido.

Acima de tudo é necessário encarar a ameaça que os diferentes grupos negacionistas representam não só para a ciência, mas para o desenvolvimento humano e sua realidade circundante. Neste sentido, acredita-se que o Ensino de Ciências deve criar possibilidades para que os sujeitos possam agir e interagir de forma consciente, responsável e integrada na sociedade e no mundo, evitando assim opiniões e decisões fundamentadas no negacionismo científico.

Entende-se que as práticas pedagógicas devem estar centradas na compreensão ampla sobre a Ciência no que tange, de modo geral, a validade de seus conhecimentos assim como seus contextos (econômicos, sociais e culturais) de produção. A partir destes elementos os sujeitos poderiam ancorar novas percepções sobre a ciência, evitando que suas ações estejam estruturadas a partir de visões superficiais.

É necessário se concentrar na redução das desigualdades sociais, econômicas e culturais, sobretudo na coletividade humana para escapar do imediatismo, da superficialidade dos discursos e das ações individuais na sociedade, materializados nos interesses individuais ou de alguns grupos. Destaca-se ser imprescindível a promoção de ações conscientes capazes de conter a exploração indiscriminada de recursos naturais, a fim de garantir a manutenção do ambiente terrestre e da vida humana. Além disto, é fundamental que existam ações capazes de conter o avanço dos grupos negacionistas. Em relação à questão ambiental, Marin (2008, p. 216-217), diz que:

É somente na redescoberta desses modos de viver e de se relacionar com a natureza, o lugar habitado e a coletividade que se pode ancorar uma postura sensível e pró-ativa e uma discursividade enraizada, crítica, capaz de gerar o comprometimento das pessoas, focos das metas da educação ambiental.

Considerando o contexto atual de urgência da sociedade, sugere-se a utilização da historiografia para as práticas pedagógicas no Ensino de Ciências. Acredita-se que através dela seja possível desenvolver habilidades nos sujeitos para agirem e interajam, de modo consciente, na sociedade em que vivem.

A utilização da História da Ciência permite abordar conteúdos metacientíficos os quais destacam aspectos da Natureza da Ciência como:

[...] questões relacionadas aos conceitos do que é (ou não) Ciência, como a Ciência e vista pelos não-cientistas (sociedade em geral), os seus métodos de investigações e as interações que ela estabelece com outros conhecimentos, como, por exemplo, a política, a sociologia e a economia, dentre outros aspectos [...] (SILVA, 2020, p. 235).

Apesar de Acevedo (2009) e Silva (2018) advertirem serem necessários mais estudos para se compreenderem as relações entre os conteúdos da Natureza da Ciência e seu ensino, sugere-se a ideia de que os aspectos da NdC possam ser capazes de desenvolverem novas percepções nos sujeitos, podendo assim alterar seus comportamentos, hábitos e ações. Tais percepções seriam construídas a partir uma compreensão mais ampla sobre a Ciência. Especificamente, para uma possibilidade de superação da dicotomia entre sujeito-ambiente, por exemplo, acreditamos ser necessário perceber a ciência como empreendimento humano e transitório, além da percepção da não-neutralidade dos sujeitos em relação à ciência. Assim, será necessário admitir que todo conhecimento seja produzido no contexto sócio-histórico-cultural da atividade humana e que existe a possibilidade de que eles possam ser transformados. Para tal, é necessário ainda assumir que a relação do sujeito com a realidade que o cerca pode ser alterada por novas percepções, ou seja, novos conhecimentos desenvolvidos, coletivamente, no contexto da atividade humana.

Acredita-se que, no Ensino de Ciências, as novas percepções podem ser desenvolvidas pela utilização do uso da historiografia da ciência. Através dela é possível destacar alguns dos aspectos da Natureza da Ciência, contribuindo assim para a Alfabetização científica e, conseqüentemente, para superação dos problemas sociais que envolvem à Ciência, através de ações e decisões que envolvam temas sociocientíficos.

4 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

Algumas proposições sobre Natureza da Ciência (NdC) estão presentes na literatura quando se trata de educação em ciências, sendo chamadas de “modelos” de NdC. Estes são vistos por especialistas como propostas de implementações da temática a fim de que possam ser utilizadas nas práticas pedagógicas do ensino de ciências.

Dentre algumas destas propostas para o ensino da ciência está a chamada visão consensual (vc) na qual está resumida em uma lista de características sobre a NdC. Tais listas são constituídas dos tenets, afirmações sobre o conhecimento científico, a serem incluídos no ensino de ciências. Eles foram elaborados por diferentes estudiosos e estão presentes em oito documentos de normas internacionais de educação científica por apresentarem, de modo significativo, aspectos consensuais sobre o conhecimento científico (MCCOMAS et. al., 1998).

Dentre os estudiosos que elaboraram as características sobre o conhecimento científico estão: “[...] Robinson, 1968; Martin, 1972; Ennis, 1979; Giddings, 1982; Lederman, 1983; Duschl, 1988, e Mathews, 1994” (MCCOMAS; CLOUGH; ALMAZROA, 1998, p. 6).

As afirmações sobre a natureza do conhecimento científico se tornaram mais clara por volta de 2000. Elas definem aspectos como, por exemplo, o modo de se fazer ciência, a ciência como empreendimento humano, a ideia de uma ciência transitória contada através da história da ciência, a ciência como parte de tradição social e cultural, influências das ideias científicas pelo meio social e histórico, dentre outras. Estas afirmações são caracterizadas como uma “[...] visão consensual da natureza dos objetivos científicos [...]” (MCCOMAS et al. 1998, p.6) e explora “[...] a dimensão metacientífica e epistemológica da construção da ciência [...]” (MOURA et al. 2020, p.10).

A fim de contribuir para o ensino nos cursos de ciências uma das indicações que se faz sobre o uso da NdC é que ela seja fundamentada a partir de “aspectos gerais”, ou seja, conhecimentos que englobam a investigação científica (*Scientific Investigation – SI*) e aspectos da natureza do conhecimento científico (*Nature of Scientific Knowledge – NOSK*). Os aspectos gerais fazem parte de uma lista de características sobre a natureza da ciência.

Lederman (2007) sugere que os aspectos gerais sejam abordados antecipadamente aos conteúdos específicos de cada disciplina. Assim, ele acredita que seja possível atingir os preconceitos dos alunos que estão relacionados à NdC, conforme indicam as pesquisas

empíricas. Entretanto, críticas são apresentadas à essa sugestão afirmando, por exemplo, que esse tipo de abordagem apresenta limitações, pois a ciência compreendida como um empreendimento humano contingente e construído, não pode ser resumida a uma lista com características sobre ela (ALCHIN, 2011). A fim de complementá-la, seus críticos sugerem que após a abordagem da NdC ser iniciada, através dos aspectos gerais, ela deva ser finalizada com outra abordagem, a de semelhança familiar.

Nessa abordagem, Irzik e Nola (2011) sustentam que os diferentes contextos da ciência devam ser considerados, ou seja, tanto as semelhanças quanto as diferenças. Para eles mesmo que existam características comuns entre as ciências, elas não devem ser utilizadas para defini-las, pois parece que não existe uma unidade sistemática na ciência. Ao invés deles utilizarem características fechadas e limitadas, sugerem uma abertura nas categorias específicas. Desta forma, acreditam que novas características possam ser acrescentadas por não haver um número fixo que caracterizam a ciência, aproximando às ciências em alguns aspectos e afastando-as em outros através da semelhança familiar.

Diante das diferentes abordagens para a NdC que foram produzidas, em um contexto de críticas, concordâncias e discordâncias parece coerente que o ensino de ciências não se direcione à busca pela melhor abordagem sobre NdC. Neste sentido, a mudança no foco, pautada nos objetivos do ensino de ciências, poderá orientar a escolha do tipo de abordagem a ser utilizado sobre a NdC. Sendo assim, a alfabetização científica define os objetivos que orientam tal escolha.

Recentemente os diversos currículos, em alguns países desenvolvidos, têm buscado direcionar o Ensino de Ciências a partir da Alfabetização Científica, ou seja, entende-se que o desenvolvimento de habilidades do futuro cidadão deve ser estruturado através do ensino sobre a ciência. Com base nos padrões científicos destes países, a sugestão tem sido “que os futuros cidadãos alfabetizados sobre ciência precisam adquirir conhecimento científico necessário, bem como serem capazes de entenderem os desafios da ciência na sociedade e a interação entre eles” (KAMPOURAKIS, 2016, p. 667, tradução nossa). De modo mais geral, a alfabetização científica está relacionada a entendimentos sobre aspectos da pesquisa científica assim como o entendimento sobre a Natureza da Ciência (NdC).

Parece que são necessárias mais pesquisas sobre esse tópico para entender melhor o que exatamente a compreensão da NOS (**Nature of Science - NdC**) contribui para a alfabetização científica. No entanto, mesmo que o impacto da compreensão da NOS na argumentação e na tomada de decisões sobre questões sócio-científicas seja indireto e limitado, na educação científica

contemporânea, é amplamente aceito que os alunos sejam ensinados sobre NOS juntamente com o conteúdo científico (idem, 2016, p. 668, tradução e grifo nosso).

Neste sentido, sugere-se que os aspectos da NdC sejam ensinados a partir dos conteúdos de História da Ciência, conforme defende alguns pesquisadores como, por exemplo, Matthews (2012) e Allchin et. al. (2014). Para estes pesquisadores os aspectos da Natureza da Ciência devem ser trabalhados a fim de possibilitarem uma compreensão funcional da Ciência pelos estudantes, ou seja, NdC integrada ao conhecimento científico. Acredita-se que tal compreensão seria responsável pela percepção consciente sobre a ciência e sua relação com a sociedade. Neste sentido, os sujeitos teriam a possibilidade de agirem e interagirem no contexto social a partir de uma visão ampla sobre a ciência, contrária ao entendimento superficial que muitas vezes é responsável por conduzir a ações e pensamentos destituídos de compromisso social e coletivo no que tange a temas sociocientíficos complexos.

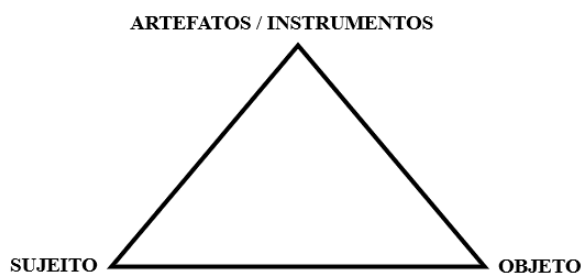
Destaca-se alguns aspectos da NdC, considerados importante na ampliação da visão dos sujeitos. Tais aspectos consistem em compreender a ciência como parte de uma tradição social e cultural e como empreendimento humano transitório que se desenvolve socialmente e coletivamente. Além destes aspectos, julga-se ser importante destacar também o papel das influências sócio-históricas-culturais que são imprimidas à ela. Ambos aspectos da NdC podem ser ensinados a partir da utilização da História da Ciência. A escolha destes aspectos em detrimento de outros tem como motivação duas razões: a primeira delas reside no fato de que tais aspectos se aproximam da alfabetização científica que, de acordo com Kampourakis (2016, p. 667, tradução nossa), “[...] pode ser entendida como compreendendo duas competências distintas: (1) entender como a pesquisa científica é conduzida, (2) que tipo de conhecimento ela produz”. A outra razão estaria na possibilidade de apresentar elementos teóricos coerentes e capazes de subsidiarem um caminho para o entendimento das contribuições da NdC para a alfabetização científica. Neste sentido serão apresentados alguns dos conceitos contidos nas três gerações da teoria da atividade (ENGESTRON, 2011).

Esta teoria foi desenvolvida por Lev Semionovich Vigotski, sendo posteriormente aprofundada por Alexis Nikolaevich Leontiev e outros estudiosos. Considerados os pressupostos da filosofia marxista como fundamento, Vigotski estabeleceu ideias que permitissem compreender a relação do homem com o mundo e a orientação de suas

funções psíquicas, através da atividade mediada (LEONTIEV, 1978). Para ele, toda atividade humana (objetivada) depende de instrumentos/ artefatos para sua realização. Além disso, concebe a ideia de que “ [...] a realidade externa é mediadora entre o sujeito e sua ação” (CASSANDRE; QUEROL, 2013, p. 549).

Enquanto a atividade animal está orientada diretamente aos objetos para a satisfação de suas necessidades, puramente biológicas, a atividade humana produz e se apropria de instrumentos sócio-históricos-culturais para a satisfação de suas necessidades nos objetos, sejam elas biológicas ou não. A ideia de atividade humana pode ser compreendida a partir do triângulo na figura 1.

Figura 1 - Modelo proposto por Vigotski representando a relação entre sujeito e objeto mediado por artefatos/ instrumentos.



Fonte: Vigotski, 1978.

A partir da relação do sujeito com o objeto no desempenho da atividade humana, é possível compreender que todo o conhecimento humano é construído e se constrói no contexto da atividade coletiva, objetivada. Tal compreensão pode ser evidenciada a partir de um exemplo de uma atividade de construir, aparentemente individualmente, um martelo rudimentar feito de pedra, cipó e madeira.

A necessidade que orienta a atividade poderá ser satisfeita desde que o indivíduo se aproprie de instrumentos (materiais e imateriais) que possibilitem a construção do martelo rudimentar. Sua construção necessita de conhecimentos prévios sobre a qualidade dos materiais que irão constituí-lo. Este mesmo martelo poderá ainda ser, posteriormente, ‘aperfeiçoado’ num martelo mais sofisticado, a partir da realização de uma nova atividade que se aproprie do martelo rudimentar, ao mesmo em que se busca a satisfação da necessidade no objeto. Sendo assim é possível dizer que embora a construção do martelo pareça ser individual, ela faz parte de uma atividade coletiva maior, devido a historicidade do objeto na atividade.

Se a ciência for considerada como um empreendimento humano, a partir da ótica da teoria da atividade, admite-se que ela se desenvolve e se transforma tal qual um martelo rudimentar. Isto significa que todo conhecimento científico não é construído a partir de uma perspectiva linear da ciência, ou seja, não se desenvolve em momentos históricos específicos materializados em feitos científicos realizados por sujeitos apartados do contexto coletivo. Esta visão de construção do conhecimento científico é totalmente destituída de sentido no contexto da atividade humana. De modo contrário, defende-se que o desenvolvimento do conhecimento científico ocorre a partir de uma perspectiva dinâmica, ou seja, de processos contínuos ao longo da história e não estanques, conforme a perspectiva de Thomas Kuhn (2011). Para ele, de modo geral, o desenvolvimento da ciência ocorre a partir das chamadas Revoluções Científicas. Esta visão universalista é contrária à compreensão de desenvolvimento da ciência, fundamentado numa perspectiva sócio-histórica-cultural.

Deve-se considerar a historicidade do instrumento (material e imaterial), mobilizada no momento de sua apropriação e objetivação na atividade. Sendo assim, todo o conhecimento científico carrega sua história na sociedade, sendo ela desenvolvida no contexto da coletividade humana.

Os conteúdos historiográficos que, geralmente, são apropriados e objetivados para o ensino de ciências, por exemplo, são parte da história do desenvolvimento do conhecimento científico. Sendo assim eles refletirão, para os sujeitos participantes da atividade (professor e alunos, por exemplo), características próprias situadas no contexto espaço-temporal.

Toda história, por definição, é história cultural, na medida em que toda expressão ou manifestação da atividade humana é culturalmente significativa ou está instalada em um enredo que pode ser lido em termos culturais. A partir do momento em que aceitamos que a cultura (seja qual for o significado de um termo elusivo, mas não necessariamente dispensável) torna-se, como já foi dito, a natureza do ser humano (não importa se a consideramos primeira ou segunda natureza), teremos que inferir que todos os relatos históricos coletam ou reconstróem, explícita ou implicitamente, de forma mais transparente, consciente ou não, elementos e perfis das formas e significados com os quais diferentes sociedades ou grupos humanos realizam qualquer atividade (PIMENTEL, 2010, p. 418, tradução nossa).

Especificamente, os conteúdos historiográficos refletirão a história das práticas científicas, entendidas aqui “[...] como um conjunto de processos de avaliação e crítica das próprias explicações científicas, pelos quais a ciência se constrói [...]”, performances, ou seja, “[...] atos concretos ou de pensamento que constituem o dia-a-dia do cientista,

como medições, análise de dados [...]”, além da leitura, fala e debate com os pares, escrita, construção de argumentos e contra-argumentos para a elaboração de proposições científicas entre outros (MOURA; GUERRA, 2016, p. 735). Cabe destacar que uma atividade pedagógica para o ensino de ciências, com centralidade nas práticas científicas sem a inserção dos conteúdos historiográficos, resultará em uma prática reduzida ao essencialismo, ou seja, refletirá à própria crítica que algumas visões fazem à NdC (IRZIK; NOLA, 2011; ALLCHIN, 2011).

Existem algumas possibilidades de abordagem da história da ciência a partir das práticas científicas. Entretanto, algumas delas devem ser evitadas como, por exemplo, a utilização de narrativas lineares que enfatizam a ciência dos vencedores, ou seja, uma historiografia que destaca uma construção da ciência a partir de gênios isolados da sociedade. Sob outra perspectiva, Moura e Moraes (2016, p. 735) sugerem que a abordagem historiográfica deve abarcar o contexto em “[...] que se dá o desenvolvimento da ciência, incluindo biografias, relações sociais em que são construídas e os diversos aspectos que influenciam e são influenciados pela ciência”.

Tanto o aspecto coletivo do desenvolvimento histórico da ciência quanto aos fatores que influenciam e são influenciados pela ciência na sociedade podem também ser compreendidos a partir dos princípios da teoria da atividade descritos, em especial, em sua terceira geração.

Os cinco princípios foram necessários para superar algumas limitações que a segunda geração da teoria da atividade carregava. Ela desconsiderava, por exemplo, questões sobre a “[...] diversidade entre as diferentes tradições ou perspectivas [...]”, além dos diálogos e as diferentes vozes presentes nos discursos (ENGESTRÖM, 2016, p. 15).

Ampliando a teoria da atividade a partir da tríade (sujeito/instrumento/objeto), Yrjo Engeström se apoia nos sistemas de atividade compostos pela multimediação dada pela divisão do trabalho (procedimentos de comunicação, papéis, tarefas), artefatos (instrumentos, linguagem, signos) e pelas regras explícitas ou implícitas na comunidade (leis, valores, práticas legitimadas, normas) (ENGESTRÖM, 2001).

O primeiro princípio considera que um dado sistema de atividade (coletivo), que utiliza instrumentos para sua mediação e está orientado para um determinado objeto, está ligado a outros sistemas de atividades. Tal sistema, possui em sua atividade alguma independência na execução de seus processos, permitindo que haja uma análise relativa sobre ele. Entretanto, só será compreendido integralmente se for interpretado no contexto conjunto dos demais sistemas de atividade. Assim, pode-se concluir que para um

entendimento mais amplo sobre a atividade científica, produtora de conhecimentos científicos, é fundamental considerar outros sistemas de atividade. Neste sentido, a atividade econômica (sistema de atividade) que está ligada a outros sistemas de atividades, por exemplo, está ligada também à atividade científica.

Os diferentes pontos de vista, interesses e tradições existentes em uma comunidade que constitui um sistema de atividade, como o da atividade científica, caracterizam o princípio da multipolaridade, segundo princípio da teoria. Já o terceiro princípio, caracteriza a historicidade que os sistemas de atividades carregam. Eles se transformam e ganham forma em um intervalo de tempo prolongado. No caso específico, isto significa que o trabalho científico deve ser estudado pela sua organização local, mas também por uma história mais ampla, ou seja, que considere a história dos conceitos científicos, seus instrumentos e procedimentos acumulados e utilizados na atividade científica local.

O quarto e o quinto princípios são as contradições existentes entre e dentro de sistemas de atividades e a possibilidade de expansão destes sistemas, respectivamente. As tensões estruturais historicamente acumuladas em um sistema de atividade, por exemplo, podem gerar transformações qualitativas em longos períodos desde que haja uma reconceitualização entre objeto e motivo, capaz de ampliar o horizonte da atividade (ENGSTRÖM, 2016).

5 PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS

O trabalho tem como objetivo descrever uma sequência didática que será constituída de dois questionários, para que o professor possa ter ideia das concepções prévias dos alunos sobre o movimento dos corpos, de um conteúdo de História da Ciência, além de sugestões para momentos reflexivos durante as aulas. O conteúdo historiográfico terá como abordagem alguns dos conceitos de força na Idade Antiga e Média, presentes em livros didáticos e paradidáticos. Neste sentido, foi feito um recorte historiográfico acerca das produções científicas que contribuíram para o desenvolvimento das leis do movimento, geralmente atribuídas exclusivamente ao cientista Isaac Newton.

A implicação dessa escolha resulta em algumas limitações a serem enfrentadas como, por exemplo, a invisibilidade de atores sociais que diretamente ou indiretamente contribuíram para que Isaac Newton pudesse chegar às suas conclusões sobre suas leis físicas propostas. Assim, é importante que o professor destaque para os alunos que a ciência é um constructo social e que ela não se desenvolve numa perspectiva fundamentalmente linear, neutra e objetiva. A partir destas considerações é indicado que o professor tenha um posicionamento reflexivo quanto ao uso do material. Neste sentido é importante que ele destaque para os alunos sobre as limitações que esta proposta de construção historiográfica, assim como qualquer outra possui.

Os dois questionários apresentados têm como foco a sugestão de um objeto de análise para as concepções prévias dos alunos assim como suas concepções após a aula apresentada. Os questionários possibilitam orientar o professor na adaptação, reorganização e utilização da sequência didática. Através dos conteúdos de História da Ciência espera-se possibilitar aos alunos uma compreensão sobre alguns dos aspectos da Natureza da Ciência (NDC).

Inicialmente foram admitidas algumas dificuldades devido aos recortes históricos que foram realizados na historiografia. Buscou-se a superação de algumas delas ao longo da sequência, mesmo considerando que teriam limitações e dificuldades para alcançá-la. Uma das dificuldades que foi enfrentada e que pode ser considerada intransponível, de acordo com a História Cultural da Ciência, parece estar fundamentada na construção de uma historiografia composta de vários momentos históricos. A consequência de tal construção proporciona a invisibilidade de atores sociais que diretamente ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento do processo histórico na Ciência. Tomou-se o cuidado de elaborar uma historiografia que não produzisse uma visão

distorcida sobre a Natureza da Ciência (NDC), ou seja, que a ciência se desenvolve de forma linear a partir de gênios isolados do contexto sócio-histórico-cultural.

Entende-se também que o esforço pela superação de algumas dessas limitações presentes na elaboração da historiografia científica para a sequência didática, não garante que outras distorções futuras relativas à NDC possam surgir. Isso se deve ao fato de que os professores, ao fazerem uso de qualquer historiografia como metodologia no Ensino de Ciências, carregam consigo suas crenças, valores, percepções e convicções, ou seja, o aspecto subjetivo na prática docente.

Foram elaborados dois questionários a fim de que proporcionassem ao professor uma percepção das concepções prévias dos alunos antes e após o conteúdo historiográfico. As duas primeiras questões exploram a ideia de força que os alunos possuem no que tange ao movimento dos corpos. Acredita-se que as percepções dos alunos em relação aos conceitos científicos se aproximem do processo de construção da própria ciência, ou seja, como parte de um processo transitório e não linear.

As demais sete questões sugeridas após o conteúdo historiográfico estão relacionadas a alguns dos aspectos da Natureza da Ciência (NDC). Espera-se que toda a sequência didática esteja voltada ao estudo de alguns dos aspectos da Natureza da Ciência.

A sequência didática está dividida em quatro aulas, com duração de cinquenta minutos cada uma. As aulas foram planejadas como descritas no quadro 1:

Quadro 1 - Síntese da organização da sequência didática.

Tempo	Objetivos	Atividades
Aula 1 – 50 min	Conhecer a turma e apresentar a sequência didática. Investigar sobre as concepções iniciais dos estudantes acerca do conceito de força e sua relação com o movimento dos corpos.	Questionário com duas perguntas objetivas a serem respondidas em sala de aula. Sugere-se que o professor discuta com os alunos os resultados encontrados.
Aula 2 – 50 min	Discutir os aspectos históricos da concepção de força no pensamento da Antiguidade. O desenvolvimento do conceito de força na ciência grega.	Aula apresentada através de exposição oral do conteúdo.
Aula 3 – 50 min	Discutir os aspectos históricos da concepção de força no pensamento da Idade Média.	Aula apresentada através de exposição oral do conteúdo.

Aula 4 – 50 min	Investigar sobre as concepções dos estudantes acerca do conceito de força e sobre a NDC.	Questionário final - respondido em sala de aula. Sugere-se que o professor discuta com os alunos os resultados encontrados.
-----------------	--	---

Fonte: Elaboração própria, 2021.

Para a produção das apresentações dos slides que compõem a sequência didática, foram selecionados alguns livros a serem lidos a fim de subsidiarem a construção do recorte histórico-filosófico escolhido. Os livros selecionados foram os seguintes:

- Conceitos de Força – Estudos sobre os fundamentos da dinâmica (Max Jammer);
- O Nascimento de uma Nova Física (I. Bernard Cohen);
- Newton- textos, antecedentes e comentários (I. Bernard Cohen e Richard S. Westfall);
- Curso de Filosofia Aristotélica (Eduardo C. B. Bittar);
- Física – Ensino Médio (Luiz Alberto Guimarães e Marcelo Fonte Boa);
- A Evolução das ideias da Física (Antônio S. T. Pires).

Dos livros apresentados, buscou-se desenvolver uma narrativa sobre os conceitos de força, nos aspectos histórico-filosóficos, desde a Antiguidade até a Mecânica Newtoniana. Inicialmente, os temas abordados serão divididos em dois momentos históricos, sendo que cada um deles irá compor as aulas 2 e 3:

Momento histórico 1: Concepção de força no pensamento da Antiguidade.

- A manifestação da força através dos mitos cosmogônicos;
- Pensamento Grego, movimento e força.

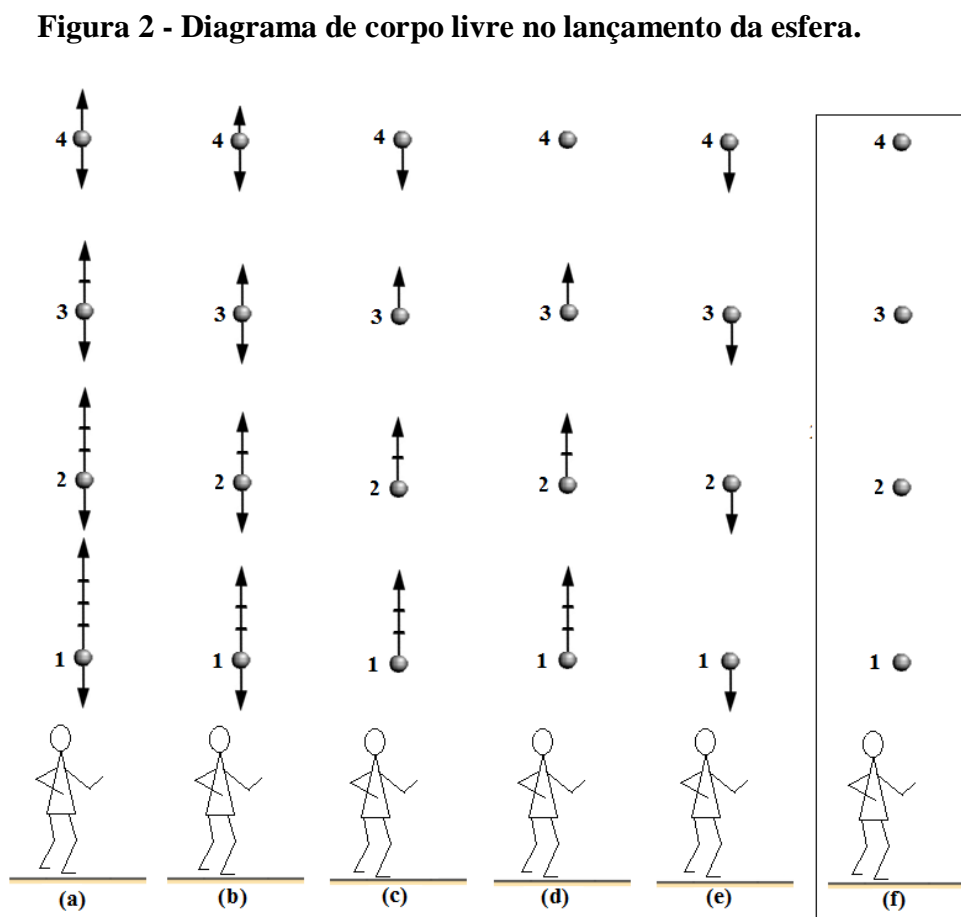
Momento histórico 2: Concepção de força no pensamento da Idade Média.

- Concepções extracientíficas: influências para a ideia de força na Idade Média e moderna;
- A questão entre Descartes e Leibniz.

6 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

6.1 Questões investigativas iniciais: lançamento vertical e queda de uma esfera

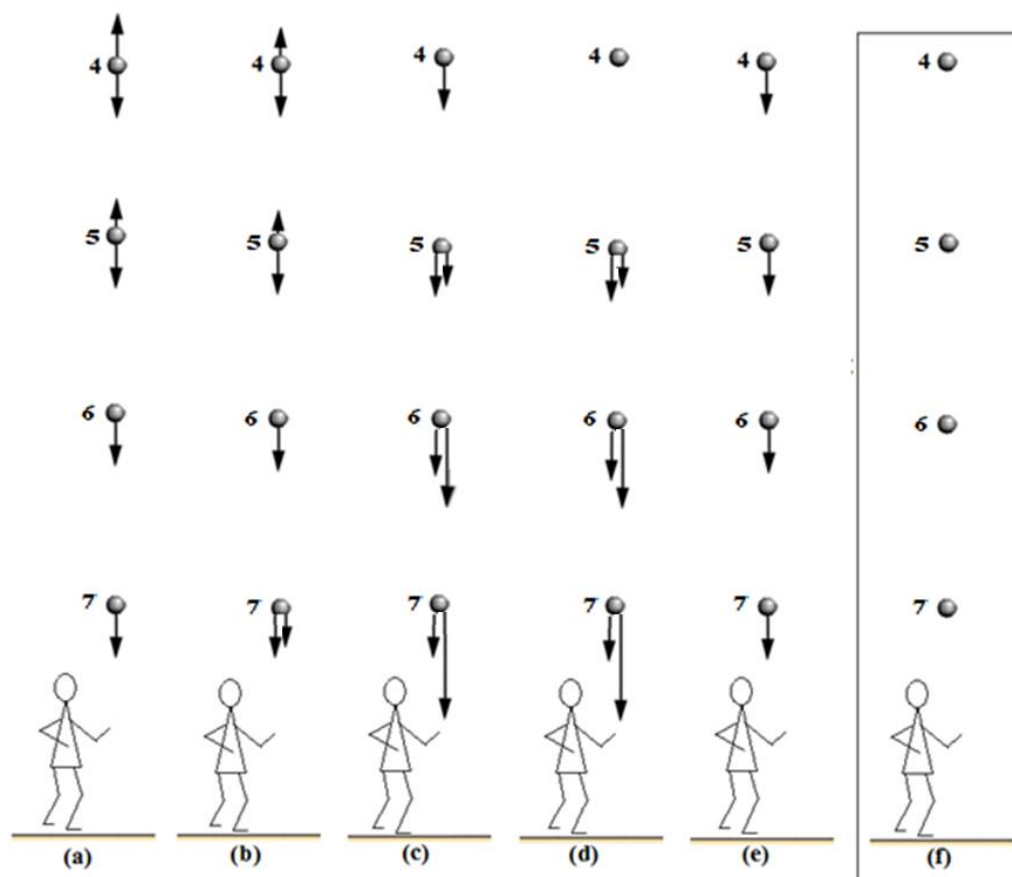
Questão 1: Uma bola é atirada verticalmente para cima. Supondo a resistência do ar desprezível, assinale o diagrama que indica corretamente a(s) força(s) que age(m) sobre a bola nas posições apresentadas. Em todos os diagramas, o ponto 1 mostra a posição da bola após ter deixado a mão do lançador, os pontos 2 e 3 são pontos intermediários na subida e o ponto 4, o mais alto atingido pela bola. Caso você não concorde com nenhum dos diagramas mostrados, represente a(s) força(s) que age(m) na bola nas posições 1, 2, 3 e 4, na coluna da direita.



Questão 2: Considere, agora, a descida da bola, desde o

ponto mais alto da trajetória (ponto 4) até um pouco antes de ela chegar novamente à mão do lançador (ponto 7). Desconsiderando a resistência do ar, assinale o diagrama que indica corretamente a(s) força(s) que age(m) sobre a bola nas posições apresentadas. Caso você não concorde com nenhum dos diagramas, desenhe a(s) força(s) que age(m) sobre a bola nas posições 4, 5, 6 e 7, na coluna da direita.

Figura 3 - Diagrama de corpo livre na queda livre da esfera.



Fonte: Peduzzi, 1985.

6.2 Comentários sobre as questões

Estas questões foram elaboradas a partir do trabalho de Peduzzi (1985) sobre as concepções espontâneas dos alunos em relação ao estudo da força.

As questões têm como objetivo investigar as percepções sobre força dos alunos durante o movimento de uma bola que é lançada para cima (*questão 1*) e no momento de

sua descida (*questão 2*). Através destas questões é possível que o professor investigue se os alunos associam ao movimento (de subida e descida) da bola à ação exclusiva da força peso, se atribuem à existência exclusiva de outra força (produzida pela pessoa) ou ainda uma combinação de causas e efeitos entre a força peso e uma força produzida pela pessoa, representadas nos itens *a*, *b*, *c* e *d*. Cabe destacar que não existe a pretensão de criar uma discussão para cada um destes itens das questões, tendo em vista que tal medida parece não contribuir para o estudo em questão ou para ampliá-lo.

Espera-se que estas questões, no contexto da sequência didática, possibilitem ao professor uma oportunidade de discutir com os alunos sobre suas concepções de força no contexto de movimento dos corpos. Sugere-se que as respostas dos alunos possam ser associadas aos processos de desenvolvimento da ciência ao longo da história. Desta forma, os alunos podem perceber que algumas das respostas podem ou não se aproximar das concepções de alguns cientistas ao longo da história, auxiliando no entendimento sobre a Natureza da Ciência como um processo transitório.

A sugestão da sequência didática não se reduz a uma prescrição historiográfica sobre conceitos físicos de diferentes tipos de força. Através da sequência, pretende-se oportunizar possibilidades de estudos sobre as Leis de Newton a partir de perspectiva de alguns dos aspectos da Natureza da Ciência. Tem-se como sugestão a realização de uma adaptação (pelo professor) do material ou alterações sempre que necessário. Tal sugestão visa considerar as especificidades do planejamento pedagógico assim como respeitar as estratégias pedagógicas.

Em relação as duas questões iniciais é interessante observar que as concepções espontâneas dos alunos sobre o movimento dos corpos, geralmente, trazem as seguintes associações:

Quadro 2 - Associações que geralmente os alunos fazem sobre o movimento dos corpos.

Uma força deve agir continuamente sobre o objeto, para que o mesmo continue em movimento;

O sentido da força aplicada sempre coincide com o sentido do movimento;

Correlação entre força máxima e velocidade máxima;

A intensidade da força aplicada é proporcional à velocidade. Implicando em:

- Se $v = 0 \rightarrow F = 0$; mesmo que a aceleração seja $\neq 0$;
- Se $v \neq 0 \rightarrow F \neq 0$; mesmo que $a = 0$;
- Se $v_1 \neq v_2 \rightarrow F_1 \neq F_2$ mesmo se $a_1 = a_2$

Fonte: Chicórá; Camargo, 2017.

A partir deste quadro é possível perceber que só existe movimento se existir uma força. Isto parece conduzir a ideia de que se o corpo está em repouso, não existe qualquer força atuando sobre ele. Neste tipo de compreensão desconsidera-se a relação entre mudança de velocidade e aceleração e entre força e aceleração. Considera-se, portanto, a relação $F = \alpha \cdot V$, ou seja, relaciona-se força diretamente a velocidade. Sendo assim, a velocidade constante de um corpo seria garantida pela ausência total de força ou pela resultante nula entre forças, sem que haja qualquer relação com a aceleração.

6.3 Historiografia

6.3.1 Os mitos cosmogônicos

Até o século V os pensamentos sobre a criação do universo apresentavam concepções que eram baseadas em explicações puramente religiosas ou míticas. Esses mitos eram transmitidos de geração para geração, a fim de afirmar valores morais, religiosos ou éticos. Eles tinham como tradição à transmissão oral sobre a formação do universo a partir de uma ou mais entidades que eram chamadas de divindades. Cada civilização apresentava um ou mais mitos que procuravam responder a algumas perguntas como, por exemplo:

- Como surgiu o mundo material e como foi organizado?
- O universo foi concebido por um criador, vários criadores ou surgiu do nada?
- É possível dizer que o universo teve um início?

Somente a partir desse século V, com os pré-socráticos que essa visão mítica e cosmogônica foi substituída por uma forma de pensar filosófica que, posteriormente,

evoluiu para um pensamento científico da realidade através da Física, da Mecânica e da Cosmologia.

Destaca-se que a forma de pensar da humanidade sobre o surgimento do universo a partir dos mitos cosmogônicos pode ser compreendida através de um constructo sócio-histórico-cultural. Isso significa que se deve fazer a interpretação dos mitos cosmogônicos a partir de características sociais, linguísticas e religiosas.

Dentre alguns dos mitos podemos citar os seguintes: o bíblico, babilônico, taoísta e o indiano.

O primeiro deles foi desenvolvido pelos hebreus, um dos povos que dominaram a região da Mesopotâmia (área situada entre o rio Tigre e Eufrates) entre aproximadamente 2000 e 500 a. C., onde hoje se situa o Iraque. Eles teriam sido os responsáveis pela elaboração da Bíblia, sendo constituída de cinco livros: Gênesis, Exodus, Deuteronômio, Levítico e Numerus. Não há uma data precisa de quando a Bíblia foi escrita, mas acredita-se que “[...] o mais provável, porém, é que a Bíblia tenha sido escrita ao longo de vários séculos, desde XV a. C. ao século II a. C., sendo assim uma obra de vários autores de épocas distintas” (ROCHA, 2002, p. 40).

Segundo o livro de Gênesis, Deus teria criado todo o universo em seis dias e no sétimo dia, teria descansado.

Nada surge por acaso, por evolução ou por vontade própria. O universo é criado pela ação e vontade divinas que ordena as coisas por separação de algo informe e semelhante a um caos inicial, não havendo forças ativas que a essa vontade possam se opor (ROCHA, 2002, p.42).

O mito Babilônico chamado Enuma Elis criado, aproximadamente, 2000 a. C., foi desenvolvido também na região da Mesopotâmia, especificamente na Babilônia. Segundo este mito, o universo é descrito como uma mistura caótica que vários deuses vão, aos poucos, organizando-a e, em seguida, nomeando-a. Diferentemente do mito bíblico no qual o homem, centro de toda a criação teria sido construído segundo a imagem e semelhança de Deus, o babilônico tem como elementos centrais da criação dos deuses, os astros. Esses, segundo o mito, seriam os responsáveis por influenciarem o comportamento humano.

O taoísmo é a representação mítica científico-filosófica chinesa mais importante que surgiu em torno do século VI a. C.. Este mito, diferentemente dos anteriores, não era

obra de um deus ou de mais divindades. Para o taoísmo, o homem e o universo existiam em uma relação orgânica, ou seja, um não existia sem o outro. Assim, uma relação hierárquica entre ambos, no mito chinês, é totalmente destituída de sentido, não havendo a necessidade de uma rede de causa e efeitos a fim de justificar a criação do universo e de suas leis.

Para os orientais o mundo material, na perspectiva taoísta, teria surgido espontaneamente a partir da dialética bipolar da natureza entre as ‘forças’ Yin e Yang, juntamente com os cinco elementos (terra, fogo, água, ar e éter). A estrutura organizacional dessa formação e que rege todo o pensamento no taoísmo está fundamentada na relação associativa entre os elementos, contrária ao princípio filosófico lógico-dedutivo que sustenta o pensamento ocidental. Os princípios formadores do universo (Yin e Yang) existem complementando-se e intermutando-se através de seus constituintes: feminino-masculino, quente-frio, claro-escuro e atração-repulsão.

Já os indianos possuem mais de um mito cosmogônico. Um deles é compreendido pelo Código de Manu e outro pela seita jainista que são representações diferentes que justificam o surgimento do universo. No primeiro deles, o universo teria sido construído e destruído ciclicamente, ou seja, a divindade chamada Shiva seria a responsável por tal atividade. Já para a seita jainista, o universo não teria sido obra de um ou mais Criadores, devendo ser interpretado como algo eterno.

Destaca-se que apesar dos mitos cosmogônicos variarem a forma de responder como o universo e suas leis surgiram, carregam alguma ideia primitiva da Física conforme conhecemos atualmente. Os povos antigos expressavam, por exemplo, uma percepção de força bem diferente do conceito moderno que descreve as leis do movimento. O próprio Deus bíblico tinha como atributo frequente a força e o poder que se manifestavam de diferentes formas. Neste aspecto, em diferentes livros e passagens da Bíblia, a força poderia representar ‘poderio’, ‘fortaleza’, ‘vigor’ e ‘poder’. Para Jammer (2011, p. 42):

A relação do Deus bíblico com a ideia de força manifesta-se com clareza pela frequente associação de Seu nome com a noção de força, sob a forma de hail (“poderio”, 164 passagens), g’vurah (“poder”, 13 passagens), coah (“fortaleza”, 8 passagens), e os (“vigor”, 21 passagens) termos que, na Septuaginta, são traduzidos pelo vocábulo dynamis.

6.3.2 Força na Grécia Antiga

Na Grécia antiga, o conceito de força pode ser compreendido a partir da ideia do movimento dos corpos. Para alguns dos pré-socráticos como Tales, Anaxímenes e Anaximandro a natureza era algo característico e inerente ao corpo, sendo ela uma substância imortal que dava origem as coisas individuais. Era considerada como um ser vivo que se movimentava de modo autônomo. Conseqüentemente é compreensível a ideia de que eles não discutiam sobre o problema do movimento e sua origem.

Somente mais tarde com o surgimento da escola eleática, localizada na cidade de Eleia no sul da Itália, e principalmente a partir de Parmênides, foi que o problema de um agente externo como causa do movimento pôde ser levantado. Para ele a mudança, o devir, o falecer e o movimento deviam ser desconsiderados, enquanto uma plenitude infinita, contínua, imóvel e indivisível, considerados. Só seria possível a compreensão destes elementos por Parmênides se ele abandonasse a ideia da unidade essencial da vida, ou seja, não admitir a natureza possuidora de movimento autônomo. Conseqüentemente, o movimento não era um problema, cabendo apenas aos seus adversários justificá-lo.

Como uma das primeiras concepções sobre o movimento, Heráclito - através de sua doutrina dinâmica sobre a natureza - expôs que todas as coisas existentes se relacionavam através de forças antagônicas, ou seja, mantinham-se estáveis apenas aparentemente. Nas palavras de Jammer (2011, p. 48):

Uma das primeiras concepções dinâmicas da natureza foi a doutrina de Heráclito das tensões opostas, segundo a qual todas as coisas, embora estáveis na aparência, eram campos de batalha de forças antagônicas; sua estabilidade era apenas relativa ou até ilusória; o conceito de força continuou confinado a esse antagonismo intrínseco e ao conflito equilibrado de opostos no objeto individual, sendo cada item da existência o campo de batalha de forças e tensões opostas.

Para Anaxágoras, outro grego que talvez tenha sido o primeiro a conjecturar sobre a força, a sua teoria sobre a mente (*nous*) era responsável por justificar a ‘força’ como elemento que regulava a natureza, enquanto que na doutrina de Empédocles era endossada pelo amor e pela luta, sendo todos estes agentes responsáveis pelo movimento.

Anaxágoras supôs que a ‘força’ motora (mente) que agia no Universo era responsável por sua mudança e pelo seu devir, sendo a mesma externa ao corpo com ‘característica fluida’. Apesar de ela ser considerada exógena ao corpo, não era ainda considerada imaterial conforme posteriormente julgaram-na, a partir da cisão entre mente e matéria, ou seja, ela ainda apresentava características materiais. Essa característica

incorpórea da mente residia também no amor (*philia, philotes*) e na luta (*neikos*) da doutrina de Empédocles.

A doutrina empedocliana justificava que as ‘forças’ antagônicas amor e luta, responsáveis pela separação, combinação, nascimento e decadência deveriam ser entendidas juntamente com os quatro elementos (terra, fogo, água e ar), sendo o amor uma força de ligação (invasora) presente no Ser. Já a luta, conforme uma interpretação platônica, era compreendida como uma força de repulsão. Assim, quando os quatro elementos estavam misturados entre si, era o amor o responsável por mantê-los coesos, enquanto a presença externa da luta, na esfera do Ser, empurrava o amor para o centro, causando a separação dos elementos. Quando o processo inverso de expansão do amor no Ser se estabelecia, a luta era expulsa e o amor voltava a “ocupar seu lugar” no processo de coesão dos elementos.

Como alguns dos antigos cosmólogos, Platão entendia a natureza como um ser vivente, ou seja, a matéria existente na natureza tinha o movimento como uma propriedade intrínseca.

A doutrina metafísica do Ser que Platão ensinava estava intimamente relacionada à ideia de força, necessitando assim uma explicação sobre a origem do movimento. Como para ele tudo era feito dos quatro elementos, e estes não possuíam movimento em si mesmos, teve que dotar a natureza possuidora de movimento espontâneo. Este era característico da alma viva e imortal da própria natureza.

Assim, os movimentos dos corpos não eram explicados a partir do conceito de força, mas a partir do princípio da vida, do movimento espontâneo. A própria gravidade foi explicada por Platão considerando que os corpos se uniam aos iguais e que cada elemento ocupava um lugar no espaço.

Aristóteles, influenciado pelas ideias de Platão como a constituição dos corpos a partir dos quatro elementos e dos seus lugares naturais, separa os fenômenos físicos que ocorrem na Terra dos celestes. Teve que reconhecer dois tipos diferentes de ‘forças’ que pudessem explicar tanto o movimento natural quanto o violento. Para o primeiro, a chamada *physis*, inerente à matéria, justificava o ‘movimento perfeito’ ocorridos no espaço supralunar. Já o movimento de retirada de um corpo do seu lugar natural ocorrido no “espaço sublunar” era entendido por ele como algo transitório e não duradouro, sendo provocado pela *força* realizada por outro objeto. Para ele, obrigatoriamente, esta força estaria presente somente enquanto durasse o contato entre os corpos e permanecesse o

movimento. Conseqüentemente, a ação à distância de uma força, como mais tarde se pensou a força gravitacional, era algo impensável segundo Aristóteles.

A aceitação da natureza dessas duas ‘forças’ deixava marcada uma separação entre as leis físicas terrestres e celestes, parecendo assim ser uma dificuldade entre os gregos uma vez que eles sabiam da influência das marés pelos céus.

Antes que Newton pudesse, de fato, resolver o problema da interação entre a Terra e os corpos celestes, a escola estóica propôs um sistema de forças presentes no universo, sendo que estas não eram compreendidas como propriedades de um corpo. Essa ‘interação à distância’ ocorria graças à manifestação da ‘*simpatia*’, mediada por um fluido etéreo que preenchia todo o universo chamado ‘pneuma’ e que tinha características materiais. Isso gerava outro problema, pois potencializar o pneuma (material) com características de um poder divino para justificar o movimento era contraditório uma vez que o Deus transcendente (no monoteísmo) dos livros sagrados tinha uma característica imaterial.

Na visão da escola Judia Alexandrina o universo era dotado de uma hierarquização divina, ou seja, “[...] era um mundo de camadas, onde as mais externas eram mais divinas e iam perdendo a divindade e ganhando materialidade à medida que se aproximavam da Terra” (CRUZ, 1985, p.68). Todo movimento que ocorria no universo seria possível graças às ‘forças motrizes’ (imateriais) realizadas por anjos, intermediários híbridos (humano/divino). A partir dessa explicação o movimento (rotação, translação etc.) de um corpo terrestre, por exemplo, estava fundamentado puramente e exclusivamente na manifestação e vontade de um Deus onisciente e onipresente.

Desta forma, pode-se dizer que ‘surgiram’ dois novos conceitos de força, sendo um proveniente da astrologia - estando direcionado à propagação das forças originadas do cosmo - e outro que estava relacionado à ideia de uma ação à distância. O primeiro focava no contato entre os constituintes vizinhos do meio, sendo defendido por Roger Bacon e o outro foi amplamente defendido por Guillaume de Occan.

Apesar de Aristóteles não ter equacionado o movimento de um corpo através de um determinado meio, propomos um modelo matemático a fim de visualizar o movimento violento (no mundo sublunar) produzido por uma força motora, proposto por ele:

$$V = \frac{F}{R} \text{ , sendo:}$$

V = velocidade do corpo;

F = força motora promovida por outro corpo;

R = resistência do meio ao movimento.

Segundo Guimarães; Fonte Boa (2001, p. 127):

Interpretemos essa equação: ela nos mostra que um corpo só permanece em movimento enquanto uma força motora (F) atuar sobre ele; mostra também que sua velocidade será tanto maior quanto maior for a força e menor for a resistência (R) oferecida pelo meio. O movimento sem resistência (R=0) é impensável pois, segundo Aristóteles, o vácuo não existe (por isso a resistência R no denominador, indicando a impossibilidade de divisão por zero).

Mas como mensurar a medida de força para o movimento a partir das concepções aristotélicas? Ao que tudo indica, esse padrão estaria relacionado (de modo contraditório) ao peso do objeto, pois este estaria associado à *physis* (força natural) e não a força motora do movimento violento. Já o movimento dos corpos celestes para Aristóteles, segundo seus escritos, seguia uma dupla lógica:

Em seus escritos, Aristóteles ora se referia a uma inteligência astral (um ser que causava todos os movimentos), ora a uma propriedade intrínseca dos objetos celestes, uma alma que os animava, uma vida astral. Para Aristóteles, os objetos celestes eram primordiais, simples, incorruptíveis, indestrutíveis e imutáveis. Seguindo a lógica de sua doutrina, a causa e o efeito devem ser da mesma qualidade. Por essa razão só uma coisa principal poderia ser responsável pelo movimento dos corpos celestes (CRUZ, 1985, p.22).

Mediante algumas inconsistências das concepções aristotélicas, críticas surgiram e deram espaço para novas proposições por seus opositores. A partir de João Philoponus, o movimento poderia ocorrer no vazio e a complexidade do ‘efeito a contragolpe’, existente no movimento de uma flecha após ser lançada por um arco, em Aristóteles, pode ser interpretado de outra maneira:

[...] quem lança um projétil lhe transmite certa ação, certa “potência” de movimento que fica nele incorporada. Com isso, ao mesmo tempo que retira do ar a função de “motor do movimento”, ele nega também a ideia aristotélica da necessidade do contato contínuo entre motor e móvel. Para ele, é a ação inicial [...] que permanece no corpo, mantendo o movimento por algum tempo (GUIMARÃES; FONTE BOA, 2001, p.128).

Mais tarde, os pensamentos de Philoponus ressurgem através da teoria do Ímpeto, na Universidade de Paris, enunciada por Nicole Oresme e Jean Buridam. O ímpeto era uma mistura de causa e efeito do movimento do corpo que uma vez impulsionado,

incorpora-o e mantém o movimento desde que não seja corrompido pela resistência do meio sobre o corpo. Caso essa fosse eliminada, seria possível o movimento ‘para sempre’ e o repouso não seria, necessariamente, o “destino” final do movimento. Já para Philoponus, o movimento eterno seria impossível uma vez que a ‘ação inicial incorporada no corpo’ se ‘auto-desgastaria’.

A teoria do ímpeto poderia ser escrita matematicamente da seguinte maneira:

$$\mathbf{V} = \mathbf{F} - \mathbf{R}, \text{ sendo:}$$

\mathbf{V} = velocidade do corpo;

\mathbf{F} = força motora promovida por outro corpo;

\mathbf{R} = resistência do meio ao movimento.

A partir de Guimarães e Fonte Boa (2001, p. 130):

[...] ela nos mostra que um corpo só permanece em movimento enquanto uma força motora (F), externa ou incorporada, atuar sobre ele; mostra também que sua velocidade (V) será tanto maior quanto maior for a força (F) e menor a resistência (R) oferecida pelo meio. A grande diferença: o movimento sem resistência (R = 0) não é mais considerado impossível; se a resistência é nula, a força F não se desgasta e o movimento persiste para sempre.

6.3.3 Leibniz e Descartes: qual a “real” medida de força?

Alguns dos mitos cosmogônicos assim como os antigos gregos apresentavam em suas concepções a ideia da conservação do universo pela ação divina direta. Já na Idade Média essa conservação seria compreendida através de leis naturais que estariam cumprindo os desígnios da onipotência, onisciência e onipotência de Deus.

A materialização da força, desde a era cristã até o Renascimento era empreendida pelo próprio Deus, como um grande artesão cósmico que cria todas as coisas, nomeando-as em seguida. Segundo Rocha (2002, p. 42):

Todo o pensamento ocidental, desde o princípio da era cristã até o Renascimento (final do séc. XV), seria inteiramente dominado pela doutrina judaica da criação, incorporada ao Cristianismo, na qual um Deus único e eterno produz todas as coisas, nomeando-as em seguida.

Após o Renascimento, a ideia de um Deus que cria tudo a partir de uma ‘força própria’, sem interferências externas, foi sendo substituída por outra que acreditava em um Deus Criador que permitia às forças da natureza a produção de uma evolução gradual e irreversível de todo o cosmo. Desta forma, o paradigma que guia o pensamento na Idade Média passa a estar focado no ‘por que?’, sendo substituído pela replicante pergunta ‘para que?’, sendo a primeira pergunta direcionada à causa final e a outra relacionada à causa eficiente.

Apesar de, frequentemente, a concepção moderna de força ser atribuída quase que exclusivamente a Newton, acreditamos que a disputa sobre ‘a real’ medida do movimento dos corpos pelo alemão Leibniz e o francês René Descartes, apresenta estreita relação e relevância para tal entendimento.

A visão deísta de Descartes era de que a matéria e movimento eram criações de Deus e que eles não sofriam alterações após serem concebidos. Isso levou o cientista a duas formulações sobre leis da natureza que segundo ele teriam sido criadas em conjunto da matéria, sendo a primeira parecida com a lei da inércia e a segunda com a lei de conservação da quantidade de movimento. Especificamente sobre a segunda, comenta Rocha (2002, p. 69):

[...] Descartes tinha a sua verdadeira medida como o produto da massa pelo módulo da velocidade do corpo, sendo assim a grandeza representativa da imutabilidade e perfeição na obra do Criador. O filósofo francês não tinha, a exemplo de Galileu um conceito claro de massa, a qual confundia com o peso e a força do corpo, além de que seu conceito de velocidade não era vetorial e sim escalar, valendo para a conservação apenas seu módulo.

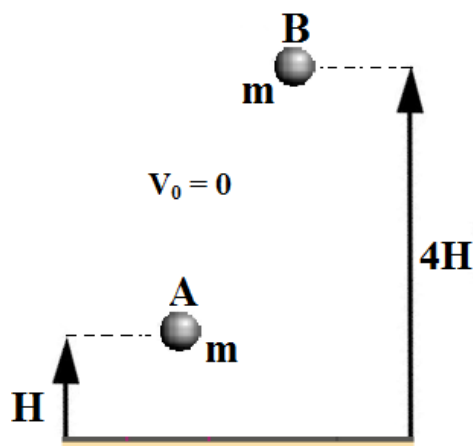
Já Leibniz acreditava em um sistema que era antagônico ao de Descartes, pois enquanto o segundo entendia o universo apenas a partir de extensão e movimento, o primeiro acrescentava ideias metafísicas como a vontade, o esforço e a alma. Ademais, a matéria e o pensamento para Descartes não podiam ser compreendidos como fruto de uma mesma essência, sem que entrassem em contradição. De modo contrário, Leibniz concilia seus ‘átomos’ da espiritualidade, da ‘força’ e da atividade da matéria expressos na sua teoria das mônadas, com o espírito.

Ambos atribuíam uma ‘força’ à medida do movimento da matéria que, segundo eles poderia ser mensurada segundo o produto de duas grandezas.

Para Descartes o produto seria entre a massa do corpo e sua velocidade, mas para Leibniz essa equação gerava um problema, fundamentado nas conclusões de Galileu e Torricelli sobre a velocidade de um corpo em queda livre. Para Leibniz, se dois objetos de mesma massa fossem abandonados (em queda livre) de alturas diferentes, estando o primeiro a uma altura H e o segundo a uma altura quatro vezes maior, deveriam ser obedecidas às mesmas proporções para as medidas das forças que eles imprimiriam no chão. Entretanto, se fosse considerado o produto de Descartes para tal cálculo, o valor esperado não seria observado. Assim, ele argumentava que para medir a força motriz bastava multiplicar a magnitude da massa pelo quadrado da velocidade do corpo, chamando essa grandeza de *vis viva*.

A fim de dar clareza para o pensamento de Descartes e Leibniz sobre a medida da ‘força’, e sobre a divergência deste em relação ao primeiro, será apresentada uma simples demonstração matemática:

Figura 4 - Corpos abandonados de diferentes alturas.



Fonte: Elaboração própria, 2021.

Considerando equação horária da velocidade de Torricelli $V^2 = V_0^2 + 2GH$ (para ambos os casos abaixo), sendo:

V = velocidade final do corpo;

V_0 = velocidade inicial do corpo;

G = aceleração da gravidade local;

H = altura do objeto;

e considerando o termo $2G = k$ (constante), temos o seguinte:

$$V_A = \sqrt{k \cdot H} \quad (1)$$

$$V_B = \sqrt{k \cdot 4H} \quad \rightarrow \quad V_B = 2\sqrt{k \cdot H} \quad (2).$$

A partir de Descartes, temos que $\mathbf{F} = \mathbf{M} \cdot \mathbf{V}$. Assim fica:

$$F_A = M \cdot V_A \quad (3) \quad \text{e} \quad F_B = M \cdot V_B \quad (4).$$

Substituindo (1) em (3) e (2) em (4), teremos o seguinte:

$$F_A = M \cdot \sqrt{k \cdot H} \quad (5) \quad \text{e} \quad F_B = M \cdot \sqrt{k \cdot 4H} \quad \rightarrow \quad F_B = M \cdot 2\sqrt{k \cdot H} \quad (6)$$

Ainda substituindo (5) em (6), teremos a seguinte conclusão: $\mathbf{F}_B = 2\mathbf{F}_A$

A partir de Leibniz, temos que $\mathbf{F} = \mathbf{M} \cdot \mathbf{V}^2$. Assim fica:

$$F_A = M \cdot V_A^2 \quad (7) \quad \text{e} \quad F_B = M \cdot V_B^2 \quad (8).$$

Substituindo (7) em (10) e (8) em (11), teremos o seguinte:

$$F_A = M \cdot (\sqrt{k \cdot H})^2 \quad (10) \quad \text{e} \quad F_B = M \cdot (\sqrt{k \cdot 4H})^2 \quad (11)$$

Ainda substituindo (10) em (11), teremos a seguinte conclusão: $\mathbf{F}_B = 4\mathbf{F}_A$

Mas afinal, quem conseguiu demonstrar a real medida do movimento? Apesar de alguns fatos ocorridos nos séculos XVII e XX terem contribuído para resolver a questão entre Leibniz e cartesianos, somente com o advento da formulação newtoniana e da ideia quadri-dimensional da relatividade restrita de Einstein foi possível obter um panorama completo sobre esse momento histórico. Assim como espaço e tempo foram compreendidos como inseparáveis, energia e quantidade de movimento, irmãs siamesas, também formam um vetor de quatro dimensões. Neste sentido, a energia forma a quarta dimensão de um vetor que possui três dimensões espaciais, compostas pela grandeza

quantidade de movimento. Sendo assim, energia e quantidade de movimento se relacionam por estarem associadas à ação da força no espaço e no tempo respectivamente,

Compreendeu-se que a vis viva de Leibniz era o dobro da grandeza chamada de energia cinética por Lord Kelvin (1824-1907).

O termo energia surge assim para substituir a inadequada terminologia de vis, ou força, de Leibniz, ainda comprometida com o aristotelismo. As descobertas de Leibniz e Huygens foram assim embrionárias para a construção de um dos mais importantes princípios da física: o da conservação de energia que só foi formulado em meados do século XIX, num enunciado em que a energia do universo não pode ser criada nem destruída (ROCHA, 2002, p. 73).

As grandezas definidas por Descartes e Leibniz não foram compreendidas como opostas, mas complementares, pois assim como espaço e tempo estão intimamente relacionados na relatividade restrita, a energia e a quantidade de movimento também estão unidas por possuírem aspectos do movimento na mecânica clássica.

6.3.4 As influências das questões extracientíficas

As concepções extracientíficas são fatores importantes a serem consideradas no processo de desenvolvimento da ciência. A fim de exemplificar tais concepções será descrito o papel das influências alquímicas e da figura divina sobre Newton que diretamente ou indiretamente contribuíram, em particular, para a ideia de força do cientista.

Em 1936, John Maynard Keynes, um economista, adquiriu em um leilão os manuscritos alquímicos de Isaac Newton. A partir desse material, podemos dizer que o cientista passou a ser interpretado tanto pela característica hermetista como racionalista. Isso não significa uma tentativa de reduzir a importância das contribuições de Newton para a ciência, mas apenas focando em interpretações distintas das perspectivas filosóficas ou científicas.

A fim de destacar o papel das influências em Newton pelas referidas características, será aceito como pressuposto que a ciência se desenvolve fundamentalmente de forma coletiva, a partir de um constructo sócio-histórico-cultural. Desta forma, acredita-se ser possível desconstruir a frequente distorção da história da ciência fundamentada na figura de 'heróis', gênios isolados do restante da sociedade além

de trazer visibilidade a outros personagens e práticas essenciais ao desenvolvimento da ciência.

Neste contexto, “[...] segundo Westfall, a alquimia, especialmente, teria ajudado Newton a refletir e a elaborar o novo conceito de força sem o qual não teria podido edificar sua teoria” (THUILLIER, 1994, p. 164).

Para alguns autores, as questões extracientíficas parecem não serem aspectos passíveis de destaque como atributos que conduziram Newton no processo de desenvolvimento da ciência. Conforme Cohen afirma, o grande talento de Newton não se encontrava apenas no discernimento filosófico ou físico da ciência, mas na capacidade que tinha de ampliar a matemática para além da experimentação e da indução. Deste modo é possível perceber que para Cohen os aspectos da matematização, em detrimento dos filosóficos e metafísicos, na pesquisa Newtoniana, ocupavam um lugar de destaque mais importante no processo psíquico. Nas suas palavras:

Os “princípios de filosofia natural” que Isaac Newton expôs e elaborou em seus *Princípios* são “princípios matemáticos”. Sua investigação das propriedades de vários movimentos em determinadas condições de força baseou-se na matemática, e não na experimentação e na indução. O que não é muito sabido é que seus ensaios de matemática pura (geometria analítica e cálculo) tendem, muitas vezes, a revestir-se da linguagem e dos princípios da física do movimento. (COHEN; WESTFALL, 2002, p. 172).

Já Westfall considera que se “por um lado, Newton interessou-se de fato pela alquimia e aceitou várias concepções filosóficas sobre as quais ela repousava; por outro lado, essas mesmas concepções o ajudaram a remodelar a concepção mecanicista do mundo, que começava a se impor” (THUILLER, 1994, p. 166).

Como é possível então compreender, de modo mais detalhado, que Newton tenha sofrido influências pelo hermetismo, mesmo que indiretamente para suas ideias científicas e especificamente na concepção de força? Mesmo não sendo uma tarefa fácil, Westfall parece apontar alguns caminhos. Em uma carta que Newton enviou, em 1675, a Oldenburgo (Alemanha) sobre a ‘hipótese referente à teoria da luz e das cores’, por exemplo, termos herméticos como sociável e insociável aparecem inúmeras vezes. Especificamente, o segundo aparece se referindo a “um princípio secreto de insociabilidade” nos fluidos como a água e o óleo.

Sem dúvida, os escritos alquímicos sobre Newton são vastos se comparados a outras influências, diretas ou indiretas que Newton teria sofrido para a formulação de suas

concepções. “De fato, Newton abasteceu-se também em outros lugares, como nos ‘Platônicos de Cambridge’. Mas como nota Westfall, para uma página que remete a More ou Cudworth, há mais de cem sobre a alquimia” (THUILLER, 1994, p. 168).

Antes da publicação dos *Princípios* de Newton (data), a ideia que se tinha de força nos séculos XVI e XVII ainda apresentava traços do aristotelismo escolástico. Neste caso, um corpo em movimento apresentava uma vis imanente, sendo que para o mesmo pudesse ter seu movimento cessado, era necessário que ela se esgotasse a fim de que o corpo voltasse a ocupar seu lugar natural. É importante destacar que o conceito de força aqui é visto como algo inerente ao mesmo tempo ao corpo quanto ao próprio movimento.

Galileu, por exemplo, compreendia a força como um empurrão ou puxão que, grosso modo era a causa de um movimento não natural, algo que desarmonizava o sistema dos processos naturais.

Já em Newton, após a formulação completa de suas leis, a ideia de força começou a ser considerada algo extrínseco ao corpo, ou seja, ela existe enquanto outros corpos (próximos ou não) comunicam a esse corpo podendo alterar seu estado natural. Neste caso, a causa transcendente ao corpo, diferentemente do aristotelismo, não é originada nele e nem se esgota no mesmo.

Especificamente, ação à distância que age, por exemplo, na força gravitacional foi um conceito bastante polêmico no séc. XVIII e XIX devido à compreensão de que uma força não podia ser considerada inerente ao próprio corpo. Segundo Ponczek, (2000, p. 342):

A ação à distância, por não poder ser jamais uma causa imanente, foi inclusive objeto de sérias críticas e controvérsias, que se prolongaram ao séc. XVIII e XIX, só sendo convenientemente esclarecida depois da invenção do conceito de campo por Faraday e Maxwell.

É possível que Cotes tenha influenciado o conceito de força newtoniano, involuntariamente, em seu prefácio na segunda edição dos *Princípios* (1713), a partir da perspectiva teológica indireta. Ele propõe uma explicação de ação à distância para a gravitação e que a força gravitacional fosse inata a matéria. Essa primeira ideia não era algo aceito pelos seguidores de Descartes que, a partir de suas bases teóricas, apresentavam aversão a qualidades intrínsecas ou propriedades ocultas. Desta forma, a explicação da ação à distância para a gravitação deveria ser incorporada a uma base metafísico-teológica, além de assimilá-la ao conjunto das doutrinas neoplatônicas. Consequentemente, a excelência da manifestação divina através da onipotência e a

onipresença foram incorporadas tanto na ideia de força como na gravitação. Cabe destacar que outras escolas de pensamento, além da neoplatônica, se apoiavam na física newtoniana como ponto de partida para explicações científicas. Uma dessas escolas, por exemplo, teve como seu representante o cientista Rogerius Josephus Buscovich que compreendida a força como um componente absoluto da realidade.

Ralph Cudworth menciona em seus escritos o termo de ‘natureza plástica’, cujo conceito se referia a concepção do Universo a partir de uma inteligência de atividade autônoma que era operada pela Suprema Inteligência que rodeava o cosmo. Essa ideia era uma variação do conceito neoplatônico de Alma do Mundo cujo Universo era governado por forças que operavam de fora para dentro. De modo oposto, o princípio organizador da “natureza plástica” operava de dentro para fora como um intermediário de Deus e agia como se fossem forças que buscavam um fim sem intencionalidade. Nas palavras de Jammer (2011, p. 193): “Para Cudworth, portanto, em última instância, a força era um impulso obscuro, uma atividade cega da natureza, mas, ainda assim, uma instituição divina a serviço de Deus”.

Henry More, um dos mais famosos neoplatônicos de Cambridge, tinha ideias que se aproximavam de Cudworth, mas para ele a força e o espaço estavam fundamentados em Deus. A onipresença e a onipotência de Deus também podiam ser justificadas através do movimento e da extensão.

More teria exercido influências de caráter extracientífico em cientistas e pensadores do século XVIII como Locke, Clark e Newton sendo que neste último, os conceitos de gravitação e força teriam uma influência menor se comparados ao de espaço.

Enquanto Newton pode ser identificado com um Deus que não interfere diretamente no Universo, More parece perceber a figura divina como um interventor direto. Jammer (2011, p. 195):

Enquanto a ideia de força de More era essencialmente teísta, a visão extracientífica de Newton coadunava-se mais com a concepção deísta, que reconhecia uma intervenção divina no passado como a causa primária que dera início ao movimento dos planetas e dos cometas, e que, à parte interferências possivelmente reguladoras em raras ocasiões, determinava o curso deles até seus objetivos finais.

6.4 Discussão

Sugere-se que o professor produza um momento de discussão sobre o texto com os alunos a fim de explorar suas potencialidades. Os aspectos da Natureza da Ciência presente na historiografia podem evidenciar para os alunos diversos aspectos importantes para o aprendizado científico. É importante destacar alguns pontos presentes no texto, como a presença de elementos extracientíficos nos espaços de construção da ciência, a transitoriedade das ideias que identificam a ciência como inacabada, as diferentes concepções acerca de um mesmo tema e a validade das ideias científicas.

6.5 Questões investigativas finais: investigando os aspectos da Natureza da Ciência

3) Explique como você compreende o desenvolvimento dos conhecimentos científicos.

4) Você considera que os conhecimentos científicos são estáticos ou transitórios? Explique.

5) Como você definiria um cientista? Em que medida suas práticas contribuem para o desenvolvimento da ciência?

6) Você considera a ciência neutra? Explique.

7) Mitos e as crenças religiosas são fatores responsáveis por influenciarem às construções científicas? Em caso afirmativo, exemplifique um momento da história que pode ter influenciado no pensamento e elaboração de ideias científicas.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido à crescente proliferação de grupos negacionistas presentes na sociedade atual e os desdobramentos decorrentes de suas intenções, influências e atitudes em questões que envolvam à Ciência, urge necessidades por mudanças capazes de conter os avanços de tais grupos a fim de evitar que maiores danos possam reverberar ainda mais na humanidade e na sua realidade circundante. Neste sentido, entende-se que seja fundamental modificações comportamentais, atitudinais e acima de tudo educacionais nos sujeitos. Sendo assim, espera-se que haja um ensino capaz de proporcionar a capacitação dos indivíduos para que tomem decisões na sociedade de forma consciente e democrática. Contudo é papel da Educação Científica alfabetizar cientificamente os sujeitos, promovendo concomitantemente a enculturação científica assim como o letramento.

Espera-se que para o cumprimento destes objetivos devam ser considerados aspectos da Natureza da Ciência, ou seja, um conjunto de elementos que abordem questões internas e externas à Ciência (conteúdos metacientíficos). Para uma abordagem direcionada às questões internas, uma das indicações consiste na utilização de conteúdos de História da Ciência, exigindo do professor escolhas e atitudes para sua abordagem metodológica. Espera-se que através da História da Ciência desenvolva uma Educação em, sobre e pela Ciência. Sendo assim, foi apresentada uma sequência didática composta de perguntas, conteúdos historiográficos e momentos de reflexão e aprofundamento sobre a Ciência.

Acredita-se que através da sequência didática apresentada como estratégia para educação científica, seja possível alcançar às expectativas do Ensino de Ciências e acima de tudo ao combate do negacionismo científico.

Para as perguntas iniciais da sequência foram utilizadas duas questões de Peduzzi (1985) a fim de que o professor pudesse ter uma ideia sobre as concepções prévias dos alunos no movimento dos corpos. As questões consistiram em algumas alternativas, compostas de diferentes diagramas de corpo livre para a força(as) que atuava(m) em uma esfera lançada verticalmente para cima e em movimento de queda livre. Acredita-se, baseado no trabalho de Chicó e Camargo (2017), que grande parte dos alunos façam uma relação direta entre velocidade e força e uma desassociação da variação da velocidade com a aceleração.

Em seguida, a sequência didática foi composta de um conteúdo historiográfico que abordou a concepção de força no pensamento da Antiguidade, na Idade Média e Contemporânea.

Por fim foram apresentadas sete perguntas para que o professor possa explorar as concepções dos alunos sobre a Natureza da Ciência, relacionando com a historiografia estudada e com as questões apresentadas inicialmente. É evidente que existem muitas possibilidades de abordagem para o ensino-aprendizagem do Ensino de Ciências com a sequência didática. Sendo assim, cabe ao professor explorá-las da melhor maneira, adequando aos seus interesses e planejamento pedagógicos.

REFERÊNCIAS

ALLCHIN, Douglas. Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. **Science Education**, Wiley Online Library, v. 95, n. 3, p. 518–542, 2011.

ALLCHIN, Douglas; ANDERSEN, Hanne Moller; NIELSEN, Keld. Complementary approaches to teaching nature of science: Integrating student inquiry, historical cases, and contemporary cases in classroom practice. **Science Education**, Wiley Online Library, v. 98, n. 3, p. 461–486, 2014.

ARTAXO, Paulo. **A quem interessa atacar a ciência? E por quê.** Universidade de São Paulo, *Jornal da USP (Online)*, 2019. Disponível em: <https://jornal.usp.br/artigos/a-quem-interessa-atacar-a-ciencia-e-por-que/>. Acesso em: 18 mar. 2021.

CASSANDRE, Márcio Pascoal; QUEROL, Marco Antônio Pereira. O percurso dos princípios teórico-metodológicos vygotkianos: um olhar sobre Cradle. **Revista de Estudos Organizacionais e Sociedade**, v. 2, p. 454-509, 2013. Disponível em: <https://revistas.face.ufmg.br/index.php/farol/article/view/2533>. Acesso em: 20 mar. 2021.

CHICÓRA, Tatiele; CAMARGO, Sérgio. As concepções espontâneas de força e movimento na formação inicial de professores. *In: Encontro Nacional de Educação (EDUCERE) – Ensino e Práticas nas licenciaturas*, 13, 2017, **Anais [...]**, p. 16113-16125, 2017.

FORATO, Thaís Cyrino de Mello; PIETROCOLA, Maurício; MARTINS, Roberto de Andrade. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 28, n. 1, p. 27–59, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2011v28n1p27>. Acesso em abr. 2020.

HELBEL, Mirela Ramos Moimaz; VESTENA, Carla Luciane Blum. Fenomenologia e percepção ambiental como objeto de construção à Educação Ambiental. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, UNIFESP, v. 12, n. 2, p. 67-68, 2017. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/2225>. Acesso em: 20 jan. 2020.

IRZIK, Gürol; NOLA, Robert. A family resemblance approach to the nature of science for science education. **Science & Education**, ResearchGate, v. 20, n. 7-8, p. 591-607, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/225424936_A_Family_Resemblance_Approach_to_the_Nature_of_Science_for_Science_Education. Acesso em: 13 mai. 2020.

JAMMER, Max. **Conceitos de força: estudo sobre os fundamentos da dinâmica**. 1. ed. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2011.

KAMPOURAKIS, Kostas. **The “general aspects” conceptualization as a pragmatic and effective means to introducing students to nature of science.** *Journal of Research in Science Teaching*, v. 53, n. 5, p. 667-682, 2016.

KUHN, Thomas Samuel. **A Estrutura das Revoluções científicas**. 11. ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 2011.

LEDERMAN, Norman. G. Natureza da ciência: Passado, presente e futuro. *In*: ABELL, S.K.; LEDERMAN, N. G. (Eds.). **Manual de pesquisa em educação científica**. 1. ed. Mahwah, NJ: Erlbaum, p. 831–879, 2007.

LEONTIEV, Alexis N. **O desenvolvimento do psiquismo**. 1. ed. Lisboa: Livros Horizonte, 1978.

LIMA, Natan Willig; VAZATA, Pedro Antônio Viana; MORAES, Andreia Guerra; CAVALCANTI, Cláudio José de Holanda; OSTERMANN, Fernanda. Educação em Ciências nos Tempos de Pós-Verdade: Reflexões Metafísicas a partir dos Estudos das Ciências de Bruno Latour. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 19, p. 155-189, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4933>. Acesso em: 13 mai. 2020.

LOOSE, John. **Introdução histórica à filosofia da ciência**; John Losee; tradução de Borisas Cimbleis. Belo Horizonte: Editora Itatiaia/ Edusp, 1979.

MARTINS, André Ferrer Pinto. **Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 32, n. 3, p. 703-737, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2015v32n3p703>. Acesso em: 12 mar. 2020.

MATTHEWS, Michael R. **Changing the Focus: From Nature of Science to Features of Science**. *In*: M. S. Khine (Ed.). *Advances in Nature of Science Research*, p. 3–26. Dordrecht: Springer, 2012.

MCCOMAS, William F.; CLOUGH, Michael. P.; ALMAZROA, Hiya. The role and character of the nature of science in education. *In*: McComas, W. F. (org.), Springer Link. **The nature of science in science education**. Dordrecht: Kluwer, p. 3-39, 1998.

MORAES, Andreia Guerra de; MOURA, Cristiano Barbosa de; CAMEL, Tânia de Oliveira. **Sobre Educação em Ciências, Rupturas e Futuros (Im)possíveis**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 37, n. 3, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2020v37n3p1010>. Acesso em: 12 fev. 2020.

MOURA, Breno Arsioli. O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência? **Revista Brasileira de História da Ciência**, Online, v. 7, n.1., 2014. Disponível em: https://www.sbh.org.br/arquivo/download?ID_ARQUIVO=1932#:~:text=Pela%20an%C3%A1lise%20acima%20podemos%20entender,ou%20de%20concep%C3%A7%C3%B5es%20pr%C3%A9vias%20dos. Acesso em: 18 dez. 2019.

MOURA, Cristiano Barbosa de; CAMEL, Tânia de Oliveira; MORAES, Andreia Guerra de. A Natureza da Ciência pelas lentes do Currículo: Normatividade Curricular, Contextualização e os Sentidos de Ensinar sobre Ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, Scielo Brazil, v. 22, 2020. Disponível em:

<https://doi.org/10.1590/1983-21172020210114>. Acesso em: 14 mar. 2020.

NEWTON, Isaac. **Newton: Textos, antecedentes, comentários**. Escolhidos e organizados por I. Bernard COHEN e Richard. S. WESTFALL. 1. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2002.

NEWTON, Isaac. **The Principia (Mathematical Principles of Natural Philosophy - A New Translation)**. In: I. Bernard Cohen and Anne Whitman (ed.). 1. ed. Los Angeles: University of California Press, 1999.

PIMENTEL, Juan. Qué es la historia cultural de la ciência? **Ciencia, Pensamiento y Cultura**, Arbor, v. 186, n. 743, p. 417 – 424, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.3989/arbor.2010.743n1206>. Acesso em: 20 mar. 2020.

PONCZEK, Roberto Leon. **A polêmica entre Leibniz e os cartesianos: mv ou mv^2 ?**, Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 17, n. 3, p. 336 – 347, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/%25x>. Acesso em: 20 mar. 2020.

PRAIA, João; GIL-PÉREZ, Daniel; VILCHES, Amparo. O papel da natureza da Ciência na Educação para cidadania. **Ciência & Educação**, Scielo Brazil, v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132007000200001>. Acesso em: nov. 2019.

ROCHA, José Fernando M. (Org.) **Origens e evolução das idéias da física [online]**. 1. ed. Salvador: EDUFBA, 2002.

SASSERON, Lúcia Helena. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Scielo Brazil, v. 17, n. especial, p. 49-67, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s04>. Acesso em 14 fev. 2020.

SCARPA, Daniel Lopes et al. **What are the features in the designing of argumentative teaching-learning sequences?** 11th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA), Helsinki, 2015.

SILVA, Boniek Venceslau da Cruz. Natureza da Ciência, conteúdos metacientíficos e a sala de aula: implicações ao ensino de física. **Revista ciências & idéias**, Red Iberoamericana, v. 11, n.1, p. 234-248, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22407/2176-1477/2020.v11i1.1295>. Acesso em: 14 mar. 2020.

THUILLIER, Pierre. **De Arquimedes a Einstein - A face oculta da invenção científica**; Pierre Thuillier; tradução Maria Inês Duque- Estrada, 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Jorge Zahar, 1994.

VYGOTSKY, Lev Semenovich. **Mind and Society: The development of higher mental processes**. Cambridge: Harvard University Press, 1978.

ZANETIC, João. A propósito do Artigo de B. Hessen sobre o “Principia” de Newton. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Online, v. 6, n 1, p 33-36, 1984. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/>. Acesso em: 20 jan. 2020.