

Mapas Conceituais e a Elaboração de Conhecimento Científico na História da Ciência: algumas aproximações teóricas

Concept Maps and the Formulation of Scientific Knowledge in the History of Science: some theoretical approaches



Marta Maximo-Pereira¹

Paulo Victor Santos Souza²

Ariane Baffa Lourenço³

¹Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET-RJ), Colegiado do Ensino Médio, Nova Iguaçu, RJ, Brasil. Autora correspondente: marta.pereira@cefet-rj.br

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Volta Redonda, RJ, Brasil.

³Universidade de São Paulo (USP), Instituto de Química de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil.

Resumo: Este artigo tem por objetivo apresentar aproximações teóricas entre características da técnica de mapeamento conceitual e aspectos da elaboração de conhecimento científico na História da Ciência. Tais aproximações foram exemplificadas por intermédio da construção e análise de um mapa conceitual sobre como, historicamente, o conhecimento foi desenvolvido de forma a resultar na Lei da Inércia. Como conclusão, aspectos estruturais dos mapas conceituais (proposições, estrutura bidimensional, ligações cruzadas, etc.) foram relacionados à provisoriidade do conhecimento científico, à não linearidade e à influência do contexto histórico e social na construção do conhecimento, entre outros aspectos, compatíveis com uma concepção de ciência como empreendimento humano. Tais relações são apresentadas em um quadro síntese, que pode subsidiar professores e pesquisadores da área de Ensino de Ciências a implementar ações educativas que adotem mapas conceituais em contextos em que a História da Ciência seja utilizada.

Palavras-chave: Mapa conceitual; História da ciência; Ensino de ciências.

Abstract: The aim of this paper is to present theoretical approaches between characteristics of the conceptual mapping technique and aspects of the scientific knowledge formulation in the History of Science. They were exemplified through the construction and analysis of a concept map about how knowledge has been historically developed to result in the Law of Inertia. In consequence, structural aspects of concept maps (propositions, two-dimensional structure, cross-links, etc.) were related to the provisional character of scientific knowledge, to non-linearity and the influence of the historical and social context in the construction of knowledge, among other aspects, that are compatible with a conception of science as a human enterprise. These relationships are summarized in a chart, which can support teachers and researchers in the field of Science Education to implement educational actions that adopt concept maps in the contexts where History of Science is used.

Keywords: Concept map; History of science; Science teaching.

Recebido em: 27/07/2020

Aprovado em: 07/12/2020



Introdução

A História da Ciência (HC) tem sido apontada como um elemento importante a ser contemplado na educação científica por diversos pesquisadores desde, pelo menos, a década de 80 do século XX (CARVALHO, 1992; DUSCHL, 1985; MARTINS, 1990; MATTHEWS, 1994). Assim, não é recente a compreensão de que os aspectos históricos da Ciência, nas mais variadas formas em que se apresentam, e considerando que eles podem ser concebidos e utilizados de diferentes modos no contexto escolar, devem estar presentes na formação inicial e continuada de professores (MATTHEWS, 1994). A literatura reconhece a dificuldade de que sejam inseridos aspectos de HC na formação inicial de professores, tanto no que se refere a seus objetivos como aos assuntos, conhecimentos e abordagens relativos à temática (LONDERO, 2015). Ademais, é importante considerar que a forma como a HC é trabalhada nas licenciaturas, em termos de metodologias, ferramentas educacionais e estratégias didáticas utilizadas pelos professores formadores, deve também ser pensada e problematizada, pois é igualmente fundamental para que os futuros docentes percebam a importância da HC em sua formação e para o seu trabalho junto aos alunos da Educação Básica.

No que tange à forma como é feita a avaliação da aprendizagem em disciplinas que envolvem aspectos da história e da natureza da ciência, alguns trabalhos apontam o uso do mapa conceitual (MC) como possibilidade em cursos de Licenciatura (ALVES *et al.*, 2013; REIS; SILVA, 2015; ROSA; GARCIA, 2017). Por intermédio dos MC foi observada a evolução conceitual, por parte dos licenciandos investigados, no conhecimento científico trabalhado no MC, em especial no que se refere à epistemologia desses conceitos (REIS; SILVA, 2015). Os mesmos autores identificaram também que os estudantes apresentaram dificuldades para estabelecer relações entre conceitos, usar palavras de ligação apropriadas e para construir o próprio MC. Como conclusão do trabalho, Reis e Silva (2015) apontam para a importância das relações entre MC, HC e formação inicial de professores.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo tecer considerações sobre possíveis aproximações teóricas entre características da técnica de mapeamento conceitual e aspectos da elaboração de conhecimento científico ao longo da História da Ciência. Para tanto, (1) apresentamos uma revisão de literatura sobre MC, apontando suas características e potencialidades ao contexto educacional; (2) relatamos as principais contribuições dos estudos sobre a elaboração de conhecimento científico ao longo da HC; (3) descrevemos um exemplo de uso da HC, apresentando a dinâmica histórica dos conhecimentos que contribuíram para a formulação da Lei da Inércia; (4) elaboramos um MC sobre como o conhecimento foi sendo elaborado historicamente de forma a resultar na Lei da Inércia; (5) apresentamos as potencialidades dos MC para expressar a dinâmica de elaboração de conhecimentos na HC, com base no exemplo utilizado, e concluímos nossa contribuição com a elaboração de um quadro que sintetiza as aproximações feitas entre MC e HC.

MC: Características e Potencialidades para o Contexto Educacional

O MC é uma ferramenta gráfica que permite a organização e a representação do conhecimento de forma hierárquica. Sua criação deu-se mediante uma necessidade de os pesquisadores entenderem/mapearem as mudanças conceituais de crianças sobre tópicos de ciências e foi ancorada em princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel (NOVAK; CAÑAS, 2006). Nessa perspectiva, partiu-se do entendimento de que a aprendizagem ocorre mediante a assimilação de novos conceitos/proposições àqueles já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo, e criou-se o MC.

Os conceitos são definidos como sendo "[...] uma regularidade em eventos ou objetos, ou registros de eventos e objetos, designados por um rótulo" (NOVAK; CAÑAS, 2006, p. 1, tradução nossa). Eles são relacionados entre si por palavras/frases de ligação, formando as proposições, as quais devem expressar um significado lógico da relação realizada. As proposições devem ser apresentadas nos MC seguindo, em especial, dois conceitos principais da TAS: a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa (NOVAK; CAÑAS, 2006; TAVARES; LUNA, 2003).

No que tange ao princípio de diferenciação progressiva, ele se caracteriza no MC pela apresentação, de forma hierárquica, dos conceitos, em que os mais gerais ficam nos níveis superiores do mapa e os mais específicos, nos demais níveis. Já a reconciliação integrativa envolve a explicitação de semelhanças e diferenças entre os conceitos, podendo ser evidenciada pelas ligações cruzadas, em que conceitos de diferentes segmentos ou domínios de conteúdo do MC são relacionados entre si. A presença de tais princípios na técnica de mapeamento conceitual, bem como de seus elementos principais, conceitos, proposições e palavras de ligação, tornam o MC uma excelente ferramenta para representar o conhecimento.

Desde sua criação, na década de 1970, até a atualidade, os MC vêm sendo utilizados em diferentes áreas do conhecimento e para distintas finalidades, dentre as quais se destaca o emprego como recurso didático, ferramenta para o processo de ensino-aprendizagem, elemento promotor do trabalho colaborativo, organizador prévio, entre outros. O crescente uso e a diversificação no emprego dos MC, em especial no contexto nacional, podem ser verificados em recentes publicações (CORREIA; SILVA; AGUIAR, 2019, 2020).

A potencialidade do MC no contexto educacional é também apontada por Cubillas, Puerta e García (2014, p. 419, tradução nossa), ao afirmarem que "[...] podemos dizer sem medo de nos equivocarmos que existe um passado realmente de utilização com sucesso dos mapas conceituais como agentes de aprendizagem significativa, de construção e gestão do conhecimento". Relacionando o uso educacional do MC na HC, pode-se considerar, pela literatura, que seu uso permeia a adoção do mapa conceitual como uma ferramenta avaliativa (ALVES *et al.*, 2013) e/ou como um recurso didático no ensino dessa área do conhecimento (REIS; SILVA, 2015; ROSA; GARCIA, 2017). Embora sejam encontrados trabalhos envolvendo MC e HC, quando comparados ao uso do mapeamento conceitual em outros temas, verifica-se que ainda há um amplo campo a ser explorado e estudado sobre as relações entre MC e HC. Assim, buscamos, neste trabalho, trazer elementos que possam embasar o uso de mapas conceituais (MC) no contexto da história da ciência (HC).

Elaboração de Conhecimento Científico ao Longo da HC: características e implicações para o Ensino de Ciências

A produção de conhecimento em qualquer ciência da natureza, como construção humana e social, é inerentemente não trivial. Ela envolve o estudo e a resolução de problemas do contexto histórico e social em que se insere (o qual também pode se alterar profundamente em decorrência dela), o trabalho coletivo de diferentes intelectuais, pesquisadores, cientistas, ao longo do tempo e em diferentes locais, assim como práticas sociais que vão sendo negociadas e acordadas entre esses sujeitos e que, em diálogo com esse mesmo contexto histórico e social, conferem critérios que vão definindo o escopo, a abrangência e a validade dos conhecimentos científicos. Acerca da ciência como empreendimento necessariamente temporal e humano, Schiffer e Guerra (2019, p. 99) afirmam que

[...] o produto científico é produzido e legitimado em comunidades através de práticas compartilhadas e respondem a questões temporais e locais. Nesse processo, tanto mudam as questões, quanto mudam as práticas aceitas como científicas, sejam experimentais ou linguísticas.

Contudo, as formas de apresentação e utilização dos conhecimentos científicos, ao longo do tempo, tanto na Educação Básica como no Ensino Superior, tendem a banalizar as agruras e excentricidades envolvidas historicamente na elaboração de conceitos e leis, muitas vezes, convertendo em *óbvio* o que é bastante complexo. Ainda que alunos e futuros professores possam questionar a origem dos conhecimentos e o modo como foram elaborados, tais implícitos frequentemente não são explicitados no ensino de Ciências, que acaba por apresentar produtos *prontos*, levando o sujeito a uma visão restrita sobre ciência.

Esse processo de *vulgarização* do conhecimento (ou seja, de tornar trivial o que é extremamente complexo), tido como supostamente inevitável, parece relegar ao esquecimento detalhes e nuances de uma ciência que, com o tempo, passa a se apresentar como algo aparentemente bem acabado e sintético. Assim, os conhecimentos científicos parecem ter surgido *do nada*, como os coelhos que um mágico habilidoso tira da cartola.

Contudo, se o uso recorrente e a repetição no tempo podem ser considerados *vilões* desse processo, entendemos que a história, por sua vez, pode ser exercer o papel de *heroína*, tensionando essa *luta*. Em especial, a HC coloca-se como uma testemunha dos acontecimentos presentes e passados, que encerra em si mesma aquilo que o uso tornou trivial e que o tempo tornou esquecido; é também um lugar, um foro, onde os conceitos científicos podem ser avaliados e criticados. Segundo Dias (2001, p. 227, grifos do autor),

A História da descoberta de um conceito mostra não somente como o conceito foi criado, mas, sobretudo, seu *porquê*; a História mostra as questões para cujas soluções o conceito foi introduzido, revela o que o conceito faz na teoria, sua função e seu significado. A História revive os elementos do pensar de uma época, revelando, pois, os ingredientes com que o pensamento poderia ter contado na época em que determinada conquista foi feita. Ela desvenda a lógica da construção conceitual; nesse esforço, ela revela, também, os 'buracos lógicos' que o conceito preenche, revivendo o próprio ato intelectual da criação científica.

Reconhecido o papel da HC no estudo e na compreensão dos próprios conhecimentos científicos, é interessante que se pense em utilizá-la para fins didáticos, em especial, para ensinar Ciências nos mais variados níveis e modalidades de ensino. Um número cada vez maior de pesquisas tem defendido que a inserção de conteúdos sobre as ciências na Educação Básica pode propiciar o desenvolvimento de uma visão articulada entre os conteúdos científicos e seus usos sociais. Dentre diversas abordagens, o uso da HC na educação científica vem ganhando destaque como possibilidade de colaborar para uma formação cidadã crítica e de qualidade (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011). Frequentemente, a HC tem sido apresentada e defendida como um elemento clarificador, que pode atuar como um organizador prévio para o ensino de Ciências, tal como esse conceito é concebido na TAS, de David Ausubel (DIAS, 2001; MOREIRA, 1983). Sobre o papel da HC no currículo do Ensino Médio, os Parâmetros Curriculares Nacionais já afirmavam que

A compreensão da relação entre o aprendizado científico, matemático e das tecnologias e as questões de alcance social são a um só tempo meio para o ensino e objetivo da educação. Isso pode ser desenvolvido em atividades como os projetos acima sugeridos, ou se analisando historicamente o processo de desenvolvimento das Ciências e da Matemática. Nessa medida, a história das Ciências é um importante recurso. A importância da história das Ciências e da Matemática, contudo, tem uma relevância para o aprendizado que transcende a relação social, pois ilustra também o desenvolvimento e a evolução dos conceitos a serem aprendidos. (BRASIL, 1999, p. 54).

Assim, o embate supracitado entre a sintetização da ciência e sua história parece permear o processo de ensino-aprendizagem de Ciências na Educação Básica, pois alunos e até mesmo professores por vezes expressam a expectativa de que a ciência apresente as respostas finais para a explicação dos fenômenos naturais. A abordagem possibilitada pela HC no ensino confronta-se diretamente com essa visão de ciência como algo pronto e absolutamente acabado (SCHIFFER; GUERRA, 2019).

Assim como a ciência, sua história tampouco é trivial, linear ou acabada. Nela, conceitos, ideias e teorias entrelaçam-se para formar uma trama densamente complexa. Por isso, muitas vezes, a profundidade com que um conceito ou lei científica é entendido depende de quão profundamente se está disposto a mergulhar na busca dos seus *porquês*, uma vez que a *árvore genealógica* desse conhecimento pode estar muitíssimo dispersa no tempo e no espaço. Como apresentar essa visão no ensino de Ciências em diferentes níveis da escolarização, em especial, na formação de professores?

Consideramos que as potencialidades dos MC podem nos auxiliar na resposta a essa pergunta. Assim, escolhemos neste trabalho a Lei da Inércia para exemplificar como um MC permite expressar os conhecimentos envolvidos ao longo da HC na elaboração de uma lei científica. Para tanto, apresentamos um recorte histórico de episódios e conhecimentos que podem ser relacionados à formulação da Lei da Inércia, seguido de um MC elaborado a partir disso. A pergunta que orienta a narrativa e o MC é: como historicamente o conhecimento foi sendo elaborado de forma a resultar na formulação da Lei da Inércia? Notavelmente, essa pergunta é bem ampla e poderia ser respondida a partir de múltiplas perspectivas, como a sociocultural ou a filosófica. A resposta apresentada neste texto reflete uma perspectiva conceitual da história que está quase que totalmente restrita à visão que é reproduzida em Dias e Sapunaru (2007).

A Lei da Inércia: um recorte histórico de sua elaboração

A resposta à pergunta *como historicamente o conhecimento foi sendo elaborado de forma a resultar na formulação da Lei da Inércia?* diz respeito não apenas à natureza do conceito de movimento, mas também à formação das categorias do pensamento em física entre os séculos VI A.E.C. e XVII E.C.

A questão da natureza do movimento remete-nos aos milésianos, filósofos pré-socráticos pertencentes à corrente monista que viveram na região de Mileto durante o século VI A.E.C., e seus esforços de *explicar* o Universo em termos da substância única que o constitui. Ademais, seria o Universo mutável ou imutável? Se o Universo é mutável, ele admite transformação, isto é, movimento. A questão da possibilidade do movimento pôs de lados opostos dois grandes filósofos do século V A.E.C., a saber, Heráclito de Éfeso, que acreditava que o movimento era possível, e Parmênides de Alexandria, que defendia sua impossibilidade. Este último propôs o conhecido problema Eleático, silogismo por meio do qual Parmênides defende a impossibilidade do movimento e, portanto, a imutabilidade do Universo. É nesse contexto que surge uma visão antagônica ao monismo, o pluralismo, segundo o qual o Universo é composto de várias substâncias. O pluralismo nasce, por conseguinte, da tentativa de trazer realidade ao Universo tangível.

A (não) possibilidade do movimento apresentada mediante o problema Eleático foi respondida por Aristóteles, filósofo do século IV A.E.C. e um dos maiores pensadores de todos os tempos. Aristóteles, entre outras contribuições, definiu o movimento como uma transformação do ser potencial (o que pode ser) em ser atual (o que é) e caracterizou os movimentos, distinguindo-os em celestes e locais (naturais e violentos). Aos corpos celestes, ele atribuiu o movimento circular uniforme, que resultaria da ação de um motor primário, relacionado com a incorrupção, imutabilidade e a perfeição dos céus. Na Terra, ocorreriam os movimentos locais (naturais e violentos). Nos movimentos naturais, a substância da qual o corpo é feito atuaria como motor interno, levando o corpo ao seu *lugar comum*. Os movimentos naturais (celestes e locais) refletiriam, portanto, uma ordem natural das coisas.

O movimento, quando não fosse natural, seria violento, com a substância atuando como motor externo. Se uma pedra fosse lançada ao ar, o movimento inicial seria proveniente de quem a atirou e ele seria transmitido à camada de ar subjacente, que empurraria a pedra e transmitiria movimento à camada seguinte de ar, e assim por diante. Essa é uma entre outras razões pelas quais o vácuo não é possível no Universo aristotélico (PORTO, 2009). O modo como Aristóteles entendia o papel do meio na manutenção do movimento violento foi criticado por séculos. Tais críticas estabeleceram as bases sobre as quais a Lei de Inércia seria erigida mais de dois milênios depois.

Um dos principais críticos de Aristóteles entre os séculos V e VI foi João Filopono. O fundamento do argumento de Filopono era de que o meio tinha um papel de resistir ao movimento, e não de mantê-lo, como defendia Aristóteles. Estudiosos como Avempace (século XII) e Tomás de Aquino (século XIII) apresentaram argumentos que, de algum modo, concordavam com os de Filopono e contrariavam os de Aristóteles.

No século XIV, os mertonianos de Oxford, Inglaterra, investigaram a *qualidade do movimento*, o que resultou no estabelecimento das categorias do movimento que compõem o que hoje chamamos Cinemática. Os estudiosos do colégio de Merton obtiveram, por exemplo, o Teorema da Velocidade Média, que seria usado por Galileu cerca de 200 anos mais tarde, para abordar a questão do problema da queda dos corpos, problema que ensejaria a proposição do conceito de Inércia da forma como Galileu o concebeu. Ainda no século XIV, Jean Buridan desenvolveu a Teoria do Impetus (também em oposição ao pensamento aristotélico), segundo a qual o movimento prescinde a impressão de um tipo de *força*, que Buridan chamou de *virtude*, e que concede ao corpo um *impetus*, uma tendência do corpo de manter seu movimento, e que iria sendo consumido pelo ar à medida que o movimento ocorre.

No século XVI, o pensamento Aristotélico recebeu um duro golpe advindo do recém-concebido Heliocentrismo, de Nicolau Copérnico, ideia antagônica ao Geocentrismo, de Cláudio Ptolomeu. A excentricidade e o movimento da Terra, sustentados pelo pensamento copernicano eram absolutamente conflitantes com o pensamento aristotélico. Por exemplo, como explicar o movimento local natural de um corpo pesado, como uma pedra que se move em direção ao centro da Terra, se a Terra não é mais o centro do Universo, e ela mesma estiver em movimento? O raciocínio metafísico de Copérnico foi, não muito tempo depois, substituído por uma razão puramente mecânica pelas mãos de um de seus contemporâneos, Giordano Bruno. Coube a Bruno utilizar a Teoria do Impetus para justificar o movimento da Terra, movimento este que seria compartilhado com todos os corpos que estão sobre ela, o que deu uma explicação mais sofisticada e compreensível ao Heliocentrismo.

Os séculos XV e XVI presenciaram a chamada revolução científica, principalmente pelas mãos do italiano Galileu Galilei, mas não só dele. O trabalho de Galileu é vasto, embora ele seja especialmente lembrado por trazer uma nova compreensão à função dos experimentos na construção da ciência. Contudo, Galileu dedicou-se a muitos outros assuntos, entre eles, explicou a queda dos corpos, concebeu a relatividade do movimento e obteve, em essência, a ideia central contida na Lei da Inércia.

O conceito de inércia aparece na discussão que Galileu realizou da queda dos corpos, campo de batalha, em que, utilizando o teorema medieval da velocidade média, Galileu obtém o teorema que leva seu nome. Concordando com as ideias de Bruno e Copérnico de que, se dois corpos se movem juntos, o movimento de um é imperceptível ao outro, Galileu formulou a relatividade, apresentando-a na forma de princípio. Rompeu, todavia, com Bruno, ao explicar que os corpos em queda mantinham sua condição de movimento não por causa do impetus, mas inercialmente. Galileu não entendia bem, contudo, o funcionamento da gravidade, algo que seria mais bem explicado posteriormente pela Teoria da Gravitação Universal de Newton. Na concepção galileana, a gravidade era uma tendência interna ao corpo, e não o fruto da atuação de algo externo. Por isso, ao que parece, não obteve a Lei da Inércia tal como a conhecemos hoje. Isso ficou a cabo de René Descartes.

No século XVII, René Descartes fundamentou filosoficamente o mecanicismo, doutrina filosófica que já existia desde a antiguidade e que interpreta a Natureza como um sistema mecânico. O pensamento cartesiano elegeu a razão como critério máximo para se entender a *verdade* e enalteceu o papel dos princípios metodológicos na busca

que conduza ela. Do método da filosofia natural de Descartes aplicado ao movimento dos corpos, derivaram três leis do movimento. A terceira lei dizia respeito a colisões. As duas primeiras constituem o que atualmente chamamos de Lei da Inércia. Em suas palavras,

Lei I. Toda e cada coisa, simples e não dividida, sempre permanece, até quando puder, no mesmo estado [de movimento], a não ser que causas externas nela haja... e, assim sendo, concluímos que quase tudo que se move sempre o faz enquanto der.

Lei II. Toda e cada parte da matéria vista em si mesma, nunca tende a continuar se movimentando em curva, mas somente em linha reta. (DESCARTES, 1971, p. 84, tradução nossa).

O trabalho de Descartes representou o rompimento definitivo com as ideias aristotélicas e instigou a atribuição de um novo significado ao movimento, que, por Aristóteles, era entendido como um processo, e, por Descartes, como um estado. A interpretação de Descartes do Princípio da Inércia era metafísica. Pensada para o movimento circular, a inércia não exigiria a aplicação de uma força, mas apareceria em resultado da supressão de uma tendência centrífuga existente e de natureza metafísica. Essa interpretação dominou o pensamento no século XVII, tendo exercido influência sobre o holandês Christiaan Huygens, que, ao debruçar-se sobre essa questão, desenvolveu o conceito de força centrífuga, e sobre o ainda jovem Isaac Newton. O *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*, publicado em 1687 por Newton, estabeleceu as categorias para o desenvolvimento de uma filosofia natural mecanicista, a saber, as três leis da mecânica (o que inclui a versão newtoniana da Lei da Inércia), os conceitos de força e massa e a Lei da Gravitação Universal, e ainda é o paradigma vigente para a mecânica clássica não relativística. Nas palavras de Newton, a Lei da Inércia tem o seguinte formato: "Lei I: Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que seja forçado a mudar aquele estado por forças aplicadas sobre ele." (NEWTON, 1999, p. 416, tradução nossa).

Notavelmente, a Lei da Inércia, assim como a Mecânica Clássica como um todo, é um dos subprodutos da busca humana pela compreensão do Universo até então observável e mensurável. Esse caminho errático obrigou-nos, com o passar dos séculos, a considerar e desconsiderar ideias e inteiras escolas de pensamento, a entender e lidar com a constante tensão entre ciência e metafísica, a desenvolver métodos para a ciência que a tornaram refutável, a buscar significantes cada vez mais adequados para os significados que aos poucos fomos trazendo do campo das ideias para tentar mais bem entender o mundo real.

Esse breve relato de como o conhecimento que ficou conhecido, nos manuais escolares, como a primeira Lei de Newton, ou Lei da Inércia, foi sendo elaborado historicamente está longe de esgotar a discussão que diz respeito à natureza do movimento, o que talvez só fosse possível com um curso de um semestre ou mais. Todavia, acreditamos que esta exposição de algumas ideias fundamentais para que finalmente cheguemos à ideia moderna de inércia seja suficiente para exemplificar as características que tornam a HC tão peculiar e essencialmente complexa (COHEN, 1988; DIAS, 2006; DIAS; SAPUNARU, 2007; PORTO; PORTO, 2009; SAPUNARU; FERNANDES, 2018).

Um primeiro aspecto a considerar sobre o mapeamento conceitual é que o MC deve ser elaborado a partir de uma pergunta focal (CAÑAS; NOVAK; REISKA, 2015) ou uma temática. Essa demanda pode conduzir o aluno a refletir sobre a dinâmica de elaboração histórica de conhecimentos envolvidos em um dado episódio da HC ou na formulação de uma lei ou conceito científico. Isso permite que sejam explicitadas as diferentes conceituações (propostas por diversos atores, ao longo do tempo) que influenciaram o episódio histórico, a lei ou o conceito. No MC elaborado, a pergunta focal visa à retomada das ideias, concepções, conceitos e proposições que historicamente podem ter influenciado a elaboração da Lei da Inércia por Isaac Newton.

Como mencionado anteriormente, a construção do MC dá-se pela relação entre os *conceitos* por meio de palavras/frase de ligação formando uma *proposição*. Cada proposição do MC deve apresentar uma relação significativa (CAÑAS; NOVAK; REISKA, 2015). Tal processo colabora para que a seleção de conceitos que perpassam a HC para um dado conhecimento não seja feita de forma sumária, mas sim, estabelecendo relações entre eles. Dessa maneira, semelhanças, distinções e complementaridades existentes entre ideias, conhecimentos, conceitos científicos e leis, elaborados ao longo da HC, podem ser apresentadas no MC. Tal aspecto pode ser observado no MC elaborado, por exemplo, nas proposições que externalizam a diferenciação entre Ciência e Metafísica para a compreensão do Movimento, assim como as possibilidades desenvolvidas ao longo do tempo, de se compreender a Queda dos Corpos, passando pelo Ímpeto e pelas diferentes concepções de Gravidade, até sua descrição clássica pelo Teorema de Galileu, e sua compatibilidade com a Relatividade Galileana.

Ademais, na formação das proposições, as palavras/frases de ligação são fundamentais para expressar o caráter provisório e transitório do conhecimento científico ao longo da HC. Nessa perspectiva, os termos de ligação como *pode ser descrito como*, *pode ser explicado por*, *pode ser entendido como*, *pode gerar*, etc. colaboram para que o MC reflita uma concepção de ciência como conhecimento em constante transformação. Tal aspecto pode ser observado no MC elaborado, por exemplo, na formação das proposições a partir do conceito *Ordem Natural*. Esse conceito, já presente entre os filósofos pré-socráticos, ainda que de maneira não tão explícita, já se viu refletido no *Movimento Retilíneo na direção do centro da Terra* e no *Movimento Circular Uniforme*. Com o advento da Lei da Inércia, a *Ordem Natural* passou a ser refletida no *Repouso* e no *Movimento Retilíneo Uniforme*. Essa dinâmica está exemplificada em nosso MC pelo termo de ligação *pode ser*, em que condicionamos o entendimento do conceito de *Ordem Natural* à perspectiva histórica adotada.

O MC deve ser elaborado considerando uma *organização hierárquica dos conceitos*, em que os conceitos são apresentados partindo-se dos mais gerais para os mais inclusivos, de maneira que são progressivamente diferenciados em termos de detalhes e especificidade (NOVAK; CAÑAS, 2006), a fim de seguir o princípio da *diferenciação progressiva* da TAS. Tal processo, quando da elaboração de um MC sobre HC, permite expressar de forma mais precisa convergências/divergências do desenvolvimento ideológico e conceitual da ciência, o que é fundamental quando uma série de contribuições teóricas e experimentais conflui para a formulação de um novo conceito.

No MC elaborado, a organização hierárquica foi contemplada, visto que adotamos como conceito mais geral o Universo e, a partir dele, fomos diferenciando os

conceitos de acordo com os níveis hierárquicos, em que apresentamos a Lei da Inércia como um dos últimos níveis. Esclarecemos que essa foi nossa opção de diferenciação, todavia, as posições dos conceitos podem alternar-se segundo a estrutura cognitiva de quem o faz, assim, outro pesquisador poderia optar por usar outro conceito principal e considerar outra hierarquia.

Ainda quanto à disposição dos conceitos no MC, é importante considerar que, em se tratando de HC, é possível que os sujeitos envolvidos nos episódios históricos (filósofos, cientistas ou outros estudiosos) sejam mencionados como formuladores de proposições teóricas, iniciadores de correntes de pensamento, desenvolvedores de experimentos, entre outras possibilidades. Assim, a construção de um MC sobre a formação de conceitos em HC pode demandar a presença de personagens da HC no MC, para os quais consideramos que poderiam assumir uma colocação de conceito, a partir do qual se conformariam proposições, ou mesmo serem inseridos como exemplos. Esses últimos, em geral, são alocados no último nível hierárquico do MC (MOREIRA, 2005). Ao se fazer a opção por uma ou outra possibilidade, parece-nos necessário explicar a escolha por colocá-los como conceito ou como exemplo mais específico. Esclarecemos que em nosso MC optamos por não inserir os nomes dos personagens, mas sim apresentar os conceitos por eles formulados.

Outro aspecto da técnica de mapeamento conceitual que justifica seu uso para expressar elaborações de conhecimento na HC é a possibilidade de relacionar diferentes segmentos ou domínios de conteúdos entre si, por meio de *ligações cruzadas* (NOVAK; CAÑAS, 2006). Esse processo, pautado no princípio da reconciliação integrativa da TAS, possibilita a apresentação de relações e correlações entre os conceitos de diferentes setores do MC, em que se evidenciam suas distinções e similaridades, integrando os significados de modo harmonioso no contexto, no caso, na HC. Tal aspecto empregado na HC pode ser exemplificado no MC elaborado inicialmente considerando-se as proposições *Ímpeto* – contribuiu para – *Inércia e Ordem Natural* – explicada pela – *Inércia*. A primeira proposição parte do segmento direito do MC e decorre do conceito de *Movimento Violento*, já a segunda encontra-se no segmento esquerdo do MC e provém diretamente de três diferentes conceitos, a saber: *Movimento Natural*, *Tendência Centrífuga* e *Movimento Celeste*.

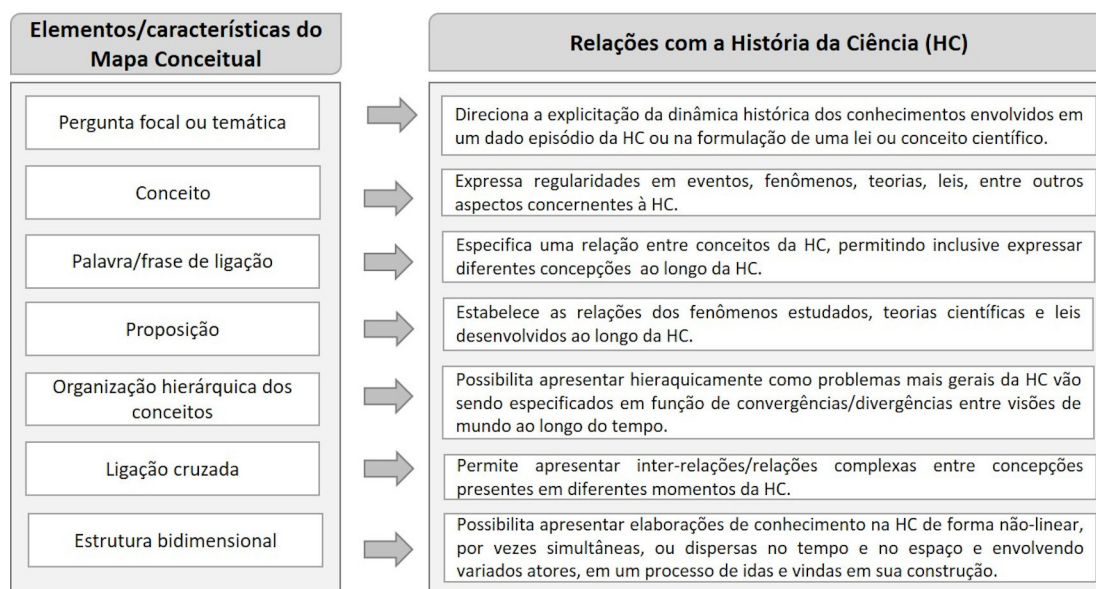
Um segundo exemplo de reconciliação integrativa no MC aparece na relação que se estabelece entre *Inércia*, conceito bem mais específico e apresentado na parte inferior no mapa, e *Motor Interno*, conceito mais geral e localizado na parte superior do mapa. Por um lado, na solução do problema eleático, Arquimedes atribuiu à substância o papel de motor interno que, em sua visão, era responsável pela manutenção do movimento natural local. Por outro lado, o conceito de inércia surge a partir da Teoria do Impetus, que, por sua vez, nasceu em oposição à visão aristotélica sobre a manutenção do movimento. Contudo, a Inércia, como finalmente entendida por Newton, é uma propriedade inerente ao corpo e pode ser, portanto, interpretada como sendo um *motor interno*, que seria responsável pela manutenção do movimento na ausência de forças externas. Assim, as ligações cruzadas que se estabelecem entre conceitos presentes em domínios diferentes no MC expressam como os conceitos científicos vão se desenvolvendo ao longo da HC de forma que ideias de um dado momento histórico podem ser revisitadas e/ou contrastadas com novos entendimentos posteriores.

Outro aspecto que corrobora para a pertinência do uso de MC como ferramenta didática para o ensino de HC é sua *estrutura bidimensional*. Tal aspecto favorece expressar as elaborações de conhecimento da HC de forma não linear, por vezes simultâneas, dispersas por diferentes locais e envolvendo variados atores, em um processo de idas e vindas em sua construção. A HC nos mostra que os conceitos científicos estão integrados e fortemente correlacionados uns aos outros, o que lhes confere um aspecto peculiarmente complexo (HÖTTECKE; SILVA, 2011; PEDUZZI, 2001), sendo a sua representação favorecida na conformação assumida nos MC. Tal aspecto é exemplificado, no MC elaborado, pelo antagonismo entre as proposições formadas pelos conceitos de *Visão Monista* e *Pluralista*, enquanto formas de interpretar a composição do *Universo*. Embora separadas no tempo, em pelo menos um século, essas visões gozam do mesmo status por expressarem ideias diametralmente opostas sobre a natureza do *Universo*.

Os MC possibilitam também expressar a evolução dos conceitos e ideias na HC não de forma cronológica, como tradicionalmente se faz com uma linha do tempo, mas sim de modo bidimensional. Fazemos tal afirmação porque a estrutura não linear, mas sim em rede de conceitos e proposições, do MC permite que se expressem tanto a dinâmica histórica da formação dos conceitos científicos como as múltiplas relações estabelecidas entre eles em tempos e espaços diversos, assim como possibilita trazer à tona o que está subjacente aos conceitos, os seus porquês e as diferentes visões de mundo expressas nesses conhecimentos interconectados. Por exemplo, em nosso MC, o *Movimento Violento*, entendido como aquele que é contrário à *Ordem Natural*, era mantido pelo *Ar* para Aristóteles; já para Buridan, era mantido pelo *Ímpeto*, que era desgastado pelo *Ar*.

Em face do exposto nesta seção, externaliza-se que os MC são uma excelente ferramenta no estudo da elaboração de conhecimentos ao longo da HC justamente porque permitem que ela seja percebida de uma forma muito mais próxima de como ela se configura social e culturalmente. A Figura 2 sintetiza as principais relações que procuramos tecer entre a técnica de mapeamento conceitual e a dinâmica de formação de conceitos científicos na HC.

Figura 2 – Síntese das relações entre mapas conceituais e a dinâmica de elaboração de conhecimento científico na História da Ciência



Fonte: elaborada pelos autores.

Uma vez considerados os elementos estruturais dos MC, apontamos também que a *recursividade* é um aspecto do processo de mapeamento conceitual que, ao ser relacionado à abordagem da HC, pode contribuir com o ensino de Ciências em contexto de sala de aula. A *recursividade* dos MC dá-se uma vez que os mesmos podem ser corrigidos, modificados e refeitos à medida que novos conhecimentos vão sendo adquiridos e são organizados de acordo com as estruturas já existentes. O fato de o MC ter caráter dinâmico e inacabado é absolutamente fundamental para expressar o entendimento da elaboração de conhecimentos ao longo da HC, uma vez que ela se apresenta em um nível crescente de detalhes à medida que é estudada, seja por pesquisadores, professores ou alunos, permitindo que uma visão panorâmica e geral sobre um conhecimento seja gradativamente substituída por uma perspectiva mais íntima e detalhada (ROSA; GARCIA, 2017).

A recursividade dos MC é também importante para que uma reestruturação conceitual por parte dos alunos (processo pelo qual conhecimentos podem ser modificados para melhor explicar a realidade) possa ocorrer de maneira gradual e consciente ao longo do estudo da HC, já que muitas concepções ingênuas apresentadas pelos estudantes se parecem com as ideias de cientistas do passado (ALVES *et al.*, 2013; MARTINS, 2006).

Ao elaborarmos o MC apresentado neste trabalho, vivenciamos esse processo de recursividade, visto que sua construção é resultado de diversas discussões entre os autores do artigo e da elaboração de versões preliminares, até se chegar ao MC apresentado. Nesse sentido, o MC elaborado reflete o status atual da compreensão coletiva dos autores, obtida com base na literatura (COHEN, 1988; DIAS, 2006; DIAS; SAPUNARU, 2007; PORTO; PORTO, 2009; SAPUNARU; FERNANDES, 2018) sobre o que influenciou a elaboração da Lei da Inércia. No entanto, o MC apresentado pode ser modificado se novos pesquisadores forem incorporados na dinâmica e/ou se os autores realizarem mais um aprofundamento conceitual sobre a temática em estudo.

Considerações Finais

Este artigo teve como objetivo principal tecer aproximações teóricas entre características da técnica de mapeamento conceitual e aspectos da elaboração de conhecimento científico ao longo da HC. Para isso, partimos de aspectos estruturais dos MC e os relacionamos às características da elaboração de conhecimento ao longo da HC compatíveis com a concepção de ciência como empreendimento humano. As características da HC consideradas foram: provisoriedade do conhecimento científico; não linearidade na construção de conhecimento; complexidade na elaboração de conceitos científicos, leis e teorias; influência do contexto histórico e social na construção do conhecimento, que, por sua vez, pode alterar esse mesmo contexto; trabalho coletivo de diferentes intelectuais, pesquisadores e cientistas, ao longo do tempo e em diferentes locais, entre outras.

Essa aproximação MC/HC foi feita por intermédio da elaboração de um MC que expressa a dinâmica histórica de construção de conhecimentos que pode ter influenciado a formulação da Lei da Inércia. A partir desse exemplo concreto, foi possível mostrar que um MC permite expressar a dinâmica de elaboração de um conhecimento na HC de forma não linear, explicitando semelhanças, distinções e

complementaridades que podem existir entre ideias, conhecimentos, conceitos científicos e leis, elaborados ao longo da HC.

Ao utilizarmos conceitos e proposições em um MC para expressar conhecimentos que foram construídos historicamente, entendemos que a HC se apresenta como um pano de fundo dinâmico, como um ambiente de construção e discussão de ideias que pode ser assim visualizado pelos estudantes. Concepções defendidas em diferentes momentos e espaços, por distintos atores, podem ser aproximadas, relacionadas ou contrastadas por intermédio das proposições estabelecidas entre os conceitos em um MC. Essa compreensão caracteriza todo o MC elaborado e pode ser mais bem explicitada em alguns setores dele, como, por exemplo, na parte mais baixa do MC à esquerda, onde são expressos o Geocentrismo de Cláudio Ptolomeu e o Heliocentrismo de Nicolau Copérnico, duas concepções em disputa na relação com os conceitos de *Terra como Referencial, Rotação da Terra e Sol como Referencial*, sendo o *Heliocentrismo* consolidado pela ascensão da *Relatividade Galileana*. Ademais, a provisoriade do conhecimento científico pode ser evidenciada por termos de ligação que apontem para relações entre conceitos que podem ser diferentes ao longo da HC.

A partir das aproximações teóricas desenvolvidas neste trabalho entre MC e HC, criamos um Quadro síntese em que apresentamos, em uma coluna, cada elemento/característica dos MC e, em uma segunda coluna, as relações que podem ser feitas com a HC. Consideramos que o referido Quadro pode configurar-se como uma ferramenta útil para professores e pesquisadores da área de Ensino de Ciências implementarem ações educativas que utilizem MC em contextos em que a HC seja utilizada. Temos consciência de que o estudo da referida potencialidade pode ser considerado um movimento inicial. Todavia, ele pode servir de base para o desenvolvimento de trabalhos futuros em que tal proposta seja implementada em condições reais de sala de aula, no sentido de trazer discussões sobre como tal processo pode ser efetivado, quais são as facilidades e dificuldades encontradas, e qual o impacto das relações entre MC e HC para o ensino de Ciências em diferentes níveis de escolaridade.

Referências

ALVES, V. L. O.; OLIVEIRA, F. L.; TEIXEIRA, S.; LINHARES, M. P. A história da ciência e o uso de mapas conceituais: uma proposta para a formação de professores de física. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9., 2013, Águas de Lindóia. *Anais [...]*. São Paulo: ABRAPEC, 2013. v. 1. p. 1-8. Disponível em: http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/ixenpec/atas/resumos/R1513-1.pdf. Acesso em: 9 mar. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. *Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio*. Brasília, DF: MEC, 1999.

CARVALHO, A. M. P. A influência da história da quantidade de movimento e sua conservação no ensino de mecânica na escola de segunda [sic] grau. *Perspicillum*, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 25-35, 1992.

CAÑAS, A. J.; NOVAK, J. D.; REISKA, P. How good is my concept map?: am I a good cmapper? *Knowledge Management & E-Learning*, Hong Kong, v. 7, n. 1, p. 6-19, 2015. DOI: <https://doi.org/10.34105/j.kmel.2015.07.002>.

COHEN, I. B. *O nascimento de uma nova física*. Lisboa: Gradiva, 1988.

CORREIA, P. R. M.; SILVA, K. S.; AGUIAR, J. G. Editorial: mapas conceituais no ensino de ciências e matemática: onde estamos e para onde vamos. *Caminhos da Educação Matemática em Revista*, Aracaju, v. 9, n. 4, p. 1-4, 2019.

CORREIA, P. R. M.; SILVA, K. S.; AGUIAR, J. Editorial: uma rede nacional de pesquisadores sobre mapas conceituais em franca consolidação. *Caminhos da Educação Matemática em Revista*, Aracaju, v. 10, n. 1, p. 1-4, 2020.

CUBILLAS, P. I.; PUERTA, J. G.; GARCÍA, F. G. Revisión del conocimiento acumulado sobre mapas conceptuales a través del análisis de comunicaciones presentadas en los 5 congresos mundiales. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCEPT MAPPING, 6th, 2014, Santos. *Proceedings [...]*. São Paulo: IHMC, 2014. v. 2, p. 419 - 426.

DESCARTES, R. Principes de la philosophie. In: ADAM, C.; TANNERY, P. (org.). *Oeuvres de Descartes*. Paris: Librairie Philosophique J. Vrin, 1971. v. IX-2.

DIAS, P. M. C. A (im) pertinência da história ao aprendizado da física: um estudo de caso. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 226-235, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172001000200014>.

DIAS, P. M. C. $F=ma$?!: o nascimento da lei dinâmica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 205-234, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172006000200013>.

DIAS, P. M. C.; SAPUNARU, R. A. *História da física I*. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2007.

DUSCHL, R. A. Science education and philosophy of science twenty-five years of mutually exclusive development. *School Science and Mathematics*, Hoboken, v. 85, n. 7, p. 541-555, 1985. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1985.tb09662.x>.

FORATO, T. C. M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. A. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2011v28n1p27>.

HÖTTECKE, D.; SILVA, C. C. Why implementing history and philosophy in school science education is a challenge: an analysis of obstacles. *Science & Education*, Abingdon, v. 20, n. 3, p. 293-316, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9285-4>.

LONDERO, L. A história e filosofia da ciência na formação de professores de física: controvérsias curriculares. *História da Ciência e Ensino: construindo interfaces*, Brasil, v. 11, p. 18-32, 2015.

MARTINS, R. A. Introdução: a história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, C. C. (org.). *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Livraria da Física, 2006. p. xvii-xxx.

MARTINS, R. A. Sobre o papel da história da ciência no ensino. *Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência*, Brasil, v. 9, n. 3-5, 1990. Disponível em: <http://www.ghtc.usp.br/server/pdf/ram-42.pdf>. Acesso em: 9 mar. 2021.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MATTHEWS, M. R. *Science teaching: the role of history and philosophy of science*. New York: Routledge, 1994.

MOREIRA, M. A. *Uma abordagem cognitivista do ensino de física*. Porto Alegre: UFRGS, 1983.

MOREIRA, M. A. Mapas conceptuales y aprendizaje significativo de las ciencias. *Revista Chilena de Educación Científica*, Chile, v. 4, n. 2, p. 38-44, 2005.

NEWTON, I. *The principia*. Berkeley: University of California Press, 1999.

NOVAK, J. D.; CANÃS, A. J. *La teoría subyacente a los mapas conceptuales ya cómo construirlos*. Pensacola: Institute for Human and Machine Cognition, 2006. (Reporte Técnico IHMC CmapTools). Disponível em: <https://cutt.ly/dzciQ5l>. Acesso em: 9 mar. 2021.

PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a utilização didática da história da ciência. In: PIETROCOLA, M. (org.). *Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001. p.151-170.

PORTO, C. M. A física de Aristóteles: uma construção ingênua? *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 4602-4609, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172009000400019>.

PORTO, C. M.; PORTO, M. B. D. S. M. Galileu, Descartes e a elaboração do princípio da inércia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 4601-4610, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172009000400018>.

REIS, N. A.; SILVA, E. L. Estrutura da matéria: buscando discutir história da ciência e mapas conceituais no ensino superior. *Scientia Plena*, Aracaju, v. 11, n. 6, p. 1-15, 2015. Disponível em: <https://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/2514>. Acesso em: 9 mar. 2021.

ROSA, V. M.; GARCIA, I. K. Os mapas conceituais como ferramenta na análise do dinamismo das concepções sobre a natureza da ciência. *Experiências em Ensino de Ciências*, Cuiabá, v. 12, p. 145-156, 2017. Disponível em: <https://if.ufmt.br/eenci/?go=artigos&idEdicao=57>. Acesso em: 9 mar. 2021.

SAPUNARU, R. A.; FERNANDES, G. What we think we know about Newton's principia. *EDUCA: revista multidisciplinar em educação*, Porto Velho, v. 5, n. 12, p. 171-192, 2018. DOI: <https://doi.org/10.26568/2359-2087.2018.2859>.

SCHIFFER, H.; GUERRA, A. Problematizando práticas científicas em aulas de física: o uso de uma história interrompida para se discutir ciência de forma epistemológica-contextual. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 19, p. 95-127, 2019. DOI: <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2019u95127>.

TAVARES, R.; LUNA, G. Mapas conceituais: uma ferramenta pedagógica na consecução do currículo. In: COLÓQUIO INTERNACIONAL DE POLÍTICAS CURRICULARES, 1., 2003, João Pessoa. *Anais [...]*. Disponível em: <https://cutt.ly/azxZwDi>. Acesso em: 9 mar. 2021.