

Vínculos Epistemológicos entre Saberes da NDC e o Contexto Investigativo Antecedente ao Nascimento da Ciência Moderna

Epistemological Links between NOS Knowledge and the Investigative Context Prior to the Birth of Modern Science

Carlos Alexandre dos Santos Batista

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
carlos.batista@uesb.edu.br

Luiz O. Q. Peduzzi

Universidade Federal de Santa Catarina
luizpeduzzi@gmail.com

Maxwell Roger da Purificação Siqueira

Universidade estadual de Santa Cruz
mrpsiqueira@uesc.br

Ana Caroline Thiara dos Santos

Universidade Estadual de Santa Cruz
carolthiara16@outlook.com

Lincon Phyerry Maciel Batista

Universidade Estadual de Santa Cruz
linconphyerry@outlook.com

Resumo

Este trabalho enfrenta a problemática configurada pela pergunta: *Por que ensinar sobre a natureza da ciência?* Tendo como objetivo, apresentar seis vínculos epistemológicos (VEs) entre saberes da natureza da ciência (NdC) e o contexto investigativo antecedente ao nascimento da ciência moderna nos séculos XVI e XVII. Suas justificativas amparam-se nas contribuições da história e filosofia da ciência para contextualizar/ressignificar conteúdos científicos e metacientíficos (saberes da NdC) no currículo escolar de ciências/física, melhorando a qualidade do processo de ensino-aprendizagem em sala de aula. Nesse sentido, fundamenta-se na epistemologia da solução de problemas de Larry Laudan e na moderna historiografia da ciência. Como resultados, os VEs enfatizam o caráter fundamental da não neutralidade da ciência, demonstrando a importância de saberes da NdC para fomentar o pensamento crítico docente e estudantil sobre a razão de existir desta temática, no currículo e na sala de aula de todos os níveis de ensino.

Palavras chave: ensino de ciências/física, natureza da ciência, história e filosofia da ciência, Larry Laudan, vínculos epistemológicos.

Abstract

This work faces the problem shaped by the question: Why teach about the nature of science? Aiming to present six epistemological links (EVs) between knowledge of the nature of science (NdC) and the investigative context preceding the birth of modern science in the 16th and 17th centuries. Its justifications are supported by the contributions of the history and philosophy of science to contextualize/resignify scientific and meta-scientific contents (knowledge of the NOS) in the science/physics school curriculum, improving the quality of the teaching-learning process in the classroom. In that regard, it is based on Larry Laudan's problem-solving epistemology and on the modern historiography of science. As a result, the EVs emphasize the fundamental character of the non-neutrality of science, demonstrating the importance of knowledge from the NOS to foster critical teaching and student thinking about the reason for this theme to exist, in the curriculum and in the classroom at all levels of education.

Key words: science/physics teaching, nature of science, history and philosophy of science, Larry Laudan, epistemological links.

Introdução

Por que ensinar sobre a natureza da ciência? Esta pergunta faz parte de uma tríade de questões acerca de justificativas, conteúdos e estratégias didático-pedagógicas (por que, o que e como) que instrumentalizam discussões no contexto atual do ensino de ciências/física, em todos os níveis de ensino (MARTINS, 2015; MOURA; GUERRA, 2016). A temática NdC é compreendida, aqui, como um conjunto de saberes metacientíficos produzidos por diferentes questionamentos sobre a ciência como uma construção humana histórico-cultural, refletidos no seu funcionamento interno e externo; *modus operandi* de produção, validação e comunicação de conhecimentos; relações e implicações com o ambiente, a tecnologia e a sociedade (MOURA, 2014). Nesse contexto, uma problemática é fomentada pela ideia de visão consensual de aspectos, características e/ou princípios da natureza da ciência — saberes metacientíficos¹ — considerados fundamentais para informar o currículo escolar e a sala de aula da educação científica e tecnológica. Especialmente na direção de uma formação docente e estudantil que instrumentaliza o exercício pleno da cidadania e a luta contra a injustiça social e econômica que assola os mais vulneráveis em todas as regiões do planeta; compreendendo criticamente que, devido à *ciência não ser uma entidade neutra* nesse contexto, é preciso apodera-se dela e defendê-la apropriadamente, para enfrentar tais problemas.

No cerne dessa problemática, alguns pontos críticos correspondem aos múltiplos questionamentos e perguntas abertas à pesquisa, que ocupam o foco do pensamento científico da comunidade do ensino de ciências/física, no âmbito internacional (MARTINS, 2015). Por

¹Estes saberes correspondem a um conjunto de afirmações declarativas extraídas de documentos curriculares oficiais educacionais de diferentes países de influências ocidentais europeias, orientando-se pelo referencial *Science studies* - pesquisas interdisciplinares inerentes aos contextos filosóficos, históricos, políticos e sociais da ciência.

exemplo, observa-se que: (i) os objetivos explícitos de auxiliar a construção de saberes da NdC, em sala de aula, não foram alcançados em nenhum nível de ensino, por isso, muitas questões inerentes a essa temática não estão resolvidas; (ii) a diversidade de orientações educacionais, epistemológicas, filosóficas, históricas, psicológicas, sociológicas, se constitui como principal responsável pelo problema da demarcação sobre a produção e a validade de conhecimentos da NdC; (iii) existe uma latente necessidade de trabalhar as contradições inerentes à ideia de visão consensual; (iv) é preciso superar as concepções de senso comum sobre a NdC compartilhadas por docentes, estudantes e materiais didáticos; e (v) desenvolver proposições alternativas à visão consensual, para abordar saberes da NdC em sala de aula. Nessa perspectiva, dentre as perguntas que ocupam o foco das discussões e das pesquisas, destacam-se três: *Por que é relevante ensinar sobre a natureza da ciência? O que ensinar? Como ensinar?* (MARTINS, 2015; MOURA; GUERRA, 2016).

Frente a este cenário, além da ideia de visão consensual, a literatura apresenta algumas alternativas denominadas: *temas e questões* — transformação de afirmações declarativas em temas e perguntas a serem investigadas em sala de aula; *family resemblance* — semelhança familiar — para a qual não existe uma definição, mas um conjunto de noções relacionadas a elementos inerentes à ciência: atividade científica, objetivo e valores, metodologias e regras metodológicas e produtos²; *características da ciência* — exploração da natureza contextual de cada afirmação declarativa, em seus aspectos, éticos, epistemológicos, filosóficos, históricos, psicológicos e sociológicos, em vista de evitar o problema da demarcação; *whole science* — transformação de perguntas do tipo: *o que é a NdC?* Para: *por que NdC?* Ou então: *por que ensinar sobre a NdC?*; *asserções comentadas* — articulações entre saberes da NdC e o conteúdo de diferentes perspectivas sobre a ciência, epistemológica, histórica, filosófica, psicológica e sociológica; *problematização de saberes da NdC* através da teoria da atividade cultural-histórica; *compreensão da NdC* mediante a concepção de Bruno Latour sobre a *fabricação da objetividade científica*.

Somando-se a essas alternativas, este trabalho dar continuidade à comunicação de uma proposta original forjada no âmbito de uma tese de doutorado e tem como objetivo³ apresentar seis vínculos epistemológicos (VEs) entre saberes da NdC e o contexto investigativo antecedente ao nascimento da ciência moderna, nos séculos XVI e XVII — esses saberes e a ideia da proposta de VEs serão apresentados na seção de metodologia. Suas justificativas amparam-se nas contribuições da história e filosofia da ciência para contextualizar/ressignificar conteúdos científicos e metacientíficos no contexto da necessária renovação curricular do ensino de ciências/física. Especialmente visando melhorar a qualidade do processo de ensino-aprendizagem em sala de aula, em todos os níveis de ensino. Em conformidade, a epistemologia da solução de problemas de Laudan (2011) tem orientado investigações acadêmico-científicas, nos seguintes focos: exploração de questões associadas às concepções epistemológicas estudantis; aprofundamento do tema mudança conceitual, mediante produção de analogias e metáforas; aperfeiçoamento de modelos de aprendizagem

²Para maiores interesses, essa proposta encontra-se ampliada no livro - *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Teaching: Scientific Knowledge, Practices, and Other Family Categories*, autoria de Dagher e Erduran. Em tradução livre, *Reconceitualizando a Natureza da Ciência para o Ensino de Ciências: conhecimento científico, práticas e outras categorias de família*.

³É importante sinalizar que este trabalho é uma comunicação resumida de um mais amplo, submetido para publicação.

conceitual fundamentados nas epistemologias de Thomas Kuhn, Gaston Bachelard e Stephen Toulmin; construção de modelo curricular como guia de prática docente em nível superior; e investigação de episódios históricos da ciência clássica e moderna, evidenciando a racionalidade e objetividade da ciência.

A Epistemologia da Solução de Problemas de Laudan (ESPL)

A ESPL, aprofundada em trabalhos anteriores, corresponde à: visão de ciência como uma atividade de solução de problemas; taxonomia de problemas científicos, denominados problemas empíricos (PEs) e problemas conceituais (PCs), incluindo suas subclassificações de PEs (resolvidos, não resolvidos e anômalos) e PCs internos e externos (intracientíficos, metodológicos e de visão de mundo) e; ao conceito de tradição de pesquisa (TP). Além disso, Larry Laudan integra a corrente contemporânea de filósofos e historiadores da ciência denominados *historicistas da racionalidade*, cuja visão crítica se opõe à corrente filosófica positivista lógica predominante até meados do século XX.

Em sua epistemologia, Laudan (2011) defende que: o progresso científico está implicado por períodos de evolução e de revolução da ciência, observados pela solução de PEs — resolvidos, não resolvidos e anômalos —, de PCs internos e externos (intracientíficos, normativos e de visão de mundo) e controvérsias científicas de grande envergadura para a ciência; os valores lógicos (verdadeiro e falso) não devem ser utilizados para julgar uma teoria científica quando ela apresenta alguma *anomalia*, isto é, um problema que não consegue resolver e; as teorias não são aceitas por possuírem somente confirmação empírica. Pelo contrário, para ocorrer as grandes mudanças científicas — visão de mundo, normativas e controvérsias —, a solução do componente conceitual tem um peso maior do que o componente empírico. Laudan observa que os elementos da racionalidade científica mudam naturalmente com o tempo; e que a coexistência de ideias científicas rivais — teorias, correntes de pensamento, metodologias, programa, paradigma e/ou tradição de pesquisa — não é uma exceção, mas a regra da dinâmica produção de conhecimento pela atividade científica. Enquanto perguntas da ciência, os problemas ocupam o foco do pensamento científico, no qual a atividade intelectual se envolve com a elaboração de teorias cognitivamente relevantes, isto é, que oferecem soluções adequadas aos problemas da ciência. Em outras palavras, as teorias devem ser capazes de descrever, explicar e prever fenômenos da natureza, nos diferentes domínios disciplinares e contextos histórico-culturais.

A taxonomia de Laudan consiste na classificação e subclassificação de suas duas grandes categorias de problemas. Os PEs, de modo geral, são perguntas da ciência ligadas aos fenômenos do mundo natural e investigadas por um domínio disciplinar. Eles se dividem em: *PEs resolvidos* — perguntas resolvidas apropriadamente por uma ou outra teoria; *PEs não resolvidos* — perguntas que não foram resolvidas por nenhuma teoria —; e *PEs anômalos* — perguntas resolvidas por uma teoria, mas por suas concorrentes não! Episódios da história da ciência que ilustram os PEs encontram-se amplamente discutidos na literatura. Os PCs, também, de modo geral, são perguntas da ciência acerca da fundamentação das estruturas cognitivas das teorias científicas. Eles são divididos em duas subcategorias, os PCIs e os PCEs, e subclassificados em *problemas intracientíficos*, *problemas normativos* e *problemas de visão de mundo*.

Os PCIs são críticas à estrutura interna de uma teoria, em seu próprio domínio disciplinar, cujos valores cognitivos e/ou critérios epistêmicos de *abrangência*, *consistência*, *fecundidade*,

precisão e de *simplicidade* são colocados à prova (KUHN, 2011). Na história da ciência têm-se as críticas de Calipo, Aristóteles e Simplício, contra a *teoria planetária das esferas concêntricas* de Eudoxo; as críticas de Copérnico sobre as *teorias planetárias* de Ptolomeu; e as críticas do professor de Faraday sobre o modelo de interação elétrica. Os PCEs *intracientíficos* são conflitos e/ou tensões geradas entre teorias de diferentes domínios disciplinares. Os PCEs *normativos* são tensões entre teoria e metodologia em um mesmo domínio. Os PCEs *de visão de mundo* são conflitos entre uma teoria e um componente da visão de mundo implicado por alguma área do saber e/ou da cultura (lógica, metafísica, religião, dentre outras). Os PCEs *intracientíficos* são ilustrados pela “controvérsia entre biólogos, geólogos e físicos, no final do século XIX, a respeito da cronologia da Terra” (LAUDAN, 2011, p. 80), entre as teorias uniformista da geologia, da evolução da espécie da biologia e a segunda lei da termodinâmica da física. Os PCEs *normativos* são dificuldades enfrentadas pelo desenvolvimento da teoria newtoniana, no século XVII, em face das regras impostas pela *metodologia indutivista*, para a qual “as únicas teorias legítimas eram as que podiam ser inferidas indubitavelmente por simples generalização a partir de dados observáveis” (Ibid, 2011, p. 84). Os PCEs *de visão de mundo* são exemplificados pelas críticas de Leibniz e Huygens sobre a ontologia das forças no sistema de mundo newtoniano, a ideia de *interação à distância*, materializadas por alguns questionamentos interessantes: “*como os corpos podiam exercer forças sobre pontos tão distantes deles mesmos. Que substância transporta a força atrativa do Sol pelos 90 milhões de milhas de espaço vazio, para que a Terra seja puxada na direção deles?*” (Ibid, 2011, p. 87); e sobre o conceito newtoniano de espaço absoluto. Mais recente, os conflitos de visão de mundo também podem ser observados nos debates relativos à “dissonância entre a mecânica quântica e as nossas crenças ‘filosóficas’ acerca da causalidade, da mudança, da substância e da ‘realidade’” (Ibid, 2011, p. 89).

Por fim, o conceito de *tradição de pesquisa* laudiano é definido como um conjunto de afirmações metodológicas e/ou ontológicas que estabelecem as diretrizes para a elaboração de teorias específicas para a solução de problemas. Esse conceito surge como uma das condições epistemológicas para determinar quando uma solução teórica é aceitável ou não, dentro de um contexto histórico. Pois, “*o crucial em toda avaliação cognitiva de uma teoria é como ela se sai com relação às concorrentes*” (LAUDAN, 2011, p. 100). O significado do termo “*teoria*”, representa “um conjunto específico de doutrinas relacionadas (comumente chamadas ‘hipóteses’, ‘axiomas’ ou ‘princípios’) que pode ser usado para fazer previsões experimentais específicas e dar explicações pormenorizadas dos fenômenos naturais” (Idem). De modo geral, a TP de Laudan é, em parte, muito semelhante ao programa de pesquisa lakatosiano e ao paradigma kuhiano, em período de ciência normal. Na história da ciência, é possível configurá-la, através da tradição de pesquisa grega antiga (TPGA); da tradição de pesquisa da ciência moderna (TPCM), a partir dos séculos XVI e XVII; e da tradição de pesquisa moderna e contemporânea (TPCMC).

Aspectos Metodológicos sobre a Construção dos VEs

A construção dos VEs estão inseridos no contexto de uma proposta alternativa à ideia de visão consensual, denominada *Vínculos Epistemológicos entre Saberes da Natureza da Ciências e o Conteúdo⁴ da História Conceitual da Ciência*. Em termos gerais, ela contempla vinte e um

⁴Esse conteúdo, de modo específico, é entendido, aqui, como um conjunto de conhecimentos implicados pelo desenvolvimento da astronomia, da cosmologia e da física, ao longo da atividade histórico-cultural humana.

saberes da NdC que, até o momento, estão sendo comunicados em dois trabalhos, oito no primeiro e seis no segundo, submetido à publicação. Destaca-se que, os vinte e um VEs se materializam na contextualização de tais saberes através do conteúdo da história conceitual da astronomia, da cosmologia e da física, a partir de uma investigação teórica fundamentada na ESPL. Seu recorte temporal abarcou desde o contexto investigativo da TPGA, século VI A.E.C., até a TPCM, séculos XVI e XVII, E.C. Com isso, tem sido demonstrado o potencial didático da ESPL para o ensino de ciências/física, especialmente para a ressignificação de conteúdos científicos e metacientíficos, incluindo a promoção do pensamento crítico *em e sobre a ciência*. Os seis VEs apresentados, aqui, integram uma extensa narrativa historiográfica sobre a evolução do pensamento científico europeu, atenta às principais orientações da moderna historiografia da ciência. Orientações essas, que permitem revelar que tal evolução só foi possível com a participação efetiva de outros povos além das fronteiras do continente europeu.

Por sua vez, o objeto dessa historiografia é o *discurso sobre a história interna da ciência* produzido por diferentes historiadores, tendo como objetivos: (i) auxiliar uma disciplina ou área do conhecimento a não repetir “erros do passado”, isto é, não fazer ou repetir escolhas teóricas, metodológicas, conceituais, dentre outras, que se mostraram contraproducentes para o seu próprio desenvolvimento; (ii) contribuir para a solução de problemas metodológicos e conceituais de uma disciplina; (iii) promover a percepção de como uma disciplina percorre certo caminho de desenvolvimento, a partir da análise da origem de determinadas perguntas/problemas; e (iv) identificar as influências sociais, políticas, econômicas e pessoais implicadas na atividade científica, demonstrando a *não neutralidade da ciência* (BARROS, 2019; CRUZ, 2006; MARTINS, 2004). Por essa razão, tanto a ESPL está naturalmente alinhada com esses propósitos quanto a *proposta VEs* orienta-se pelos objetivos (ii, iii e iv). Contudo, neste trabalho, concentra-se no objetivo (iv), pois os seis saberes da NdC são contextualizados por *fatores externos* que influenciaram o desenvolvimento científico da astronomia, da cosmologia e da física, incluindo alguns *fatores internos*, isto é, PEs e PCs implicados nesse contexto.

Nessa direção, eboça-se uma narrativa histotigráfica sintetizada, que contextualiza esses saberes da NdC através de VEs marcados histórico-filosoficamente, desde os primeiros séculos da era comum (E.C.) até o advento da astronomia copernicana e de sua “aceitação”, no século XVI. Tais saberes correspondem aos seguintes aspectos, características e/ou princípios da NdC: *a ciência como parte integrante das tradições culturais; os fatores externos e internos implicados no desenvolvimento da ciência; o processo vivo, criativo, polêmico, questionador, argumentativo da produção de conhecimento, em contraponto a ideia de crescimento cumulativo e linearizado; a influência cultural, filosófica, religiosa e social sobre o trabalho dos investigadores; que as ideias científicas afetam e são afetadas pelo meio histórico-cultural e social; a complexidade e sutileza dos mecanismos presentes na aceitação de um novo conhecimento científico e/ou uma nova visão de mundo*. É importante sinalizar que esses saberes encontram-se sistematizados pela literatura e representam o que Martins (2015) considera como: uma espécie de “sabedoria partilhada” pela comunidade do ensino de ciências.

VEs no Contexto Investigativo antecedente ao Nascimento da

Especialmente, conceitos, leis físicas, modelos científicos, princípios físicos da natureza e teorias científicas, que estruturam a linguagem desses campos de conhecimento.

Ciência Moderna

O primeiro *vínculo epistemológico* (VE) entre o *saber da NdC* — a *ciência como parte integrante das tradições culturais*⁵ — pode ser contextualizado pela história conceitual da astronomia, da cosmologia e da física, observando o compartilhamento de conhecimentos entre as civilizações do mundo ocidental e oriental. Por volta de 700 a 800 anos A.E.C, a civilização grega herdou diversos dados, conhecimentos astronômicos e matemáticos (aritméticos), produzidos e sistematizados pela civilização babilônica, que permitiu o surgimento da TPGA. Os pensadores gregos lançaram as bases para o nascimento da ciência ocidental europeia, a partir do século VI A.E.C, instrumentalizando-se pela razão, lógica, matemática, filosofia e metafísica, visando explicar alguns PEs celestes e terrestres — as fases da Lua, o movimento de rotação da Terra, o movimento de retrogradação dos planetas, o brilho aparente dos corpos celestes, as estações do ano, a distância orbital, dentre outros — mediante a elaboração de modelos cosmológicos e teorias astronômicas planetárias, incluindo a confecção de calendários.

No seu apogeu, mas *de modo não linear e cumulativo*, a TPGA foi compartilhada com outras tradições culturais (egípcia, romana, árabe) através da construção da Biblioteca de Alexandria (BA), no ano de 324 A.E.C. Construída e organizada a partir do modelo de biblioteca de Aristóteles, a BA chegou a possuir 400.000 mil rolos de papiro e 90.000 mil obras. Seu modelo colocou o aristotelismo na vanguarda da ciência ocidental e a cidade de Alexandria alcançou o *status de centro cultural do mundo antigo*, até o ano 48 da E.C (MEY, 2004). Não obstante, para evidenciar o *aspecto fundamental da não neutralidade da ciência*, a BA foi duas vezes incendiada por motivos de alienação político-religiosa — atos sombrios da irracionalidade humana. Primeiro, no ano 48 E.C, depois no ano 391. Consequentemente, no ano 415, essa mesma irracionalidade provocou o assassinato cruel da ilustre Hipátia de Alexandria, primeira astrônoma, comentadora e matemática da história da ciência ocidental. Apesar disso, o que sobrou da herança da BA contribui para o *Renascimento Científico no Islã*, a partir do ano 642, permitindo que a ciência ocidental, de origem grega, continuasse sobrevivendo e sendo praticada fora do continente europeu.

Por conseguinte, o segundo VE entre o *saber da NdC* — *os fatores externos implicados no desenvolvimento da ciência* — pode ser contextualizado por duas fases histórico-culturais, a partir do século II da E.C. *A fase do lento declínio da qualidade e da atividade científica europeia*; e *a fase do desaparecimento do saber da TPGA*. Essas fases foram tão marcantes, que muitos historiadores defenderam a tese de que, após o fim do Império Romano do Ocidente⁶, no século V, a Europa viveu uma “noite de mil anos” e/ou na “total idade das trevas” em relação à baixa produtividade intelectual, até o seu total reestabelecimento geopolítico, no século XV. De modo geral, esse período foi marcado pelo domínio e expansão árabe sobre parte do continente europeu e o *Renascimento Científico no Islã*, a partir do século VII. Mas, especificamente, no século II, E.C, a fase do declínio é caracterizada pela restrição da atividade intelectual europeia à simples produção de enciclopédias e comentários de obras gregas, a partir de fragmentos do que foi preservado da TPGA; e pela influência da religião

⁵Entende-se por tradição cultural, a permanente transmissão de valores, costumes, estilos de pensamento, de técnicas e afins, no contexto científico, tecnológico e histórico-social, que foram incorporados por distintos povos e gerações ao longo dos séculos e da história-cultural humana.

⁶Durante o domínio desse império, a atividade científica no continente europeu não teve o mesmo incentivo e prestígio desfrutado pelas atividades geopolíticas e militares romanas, que marcam esse contexto histórico.

católica romana, em setores políticos, econômicos e sociais, que enxergava a ciência como um “saber profano” e/ou uma perigosa distração. Já a fase do desaparecimento dos saberes da TPGA está implicada no isolamento geográfico da cristandade europeia para o norte do Mediterrâneo devido à expansão árabe, do século VII ao X.

Consequentemente, é possível contextualizar o terceiro VE do saber da NdC — *o processo vivo, criativo, polêmico, questionador, argumentativo da produção de conhecimento, em contraponto a ideia de crescimento cumulativo e linearizado* — nesse contexto, para mostrar que, apesar dessas fases, a tese da noite de mil anos ou da idade das trevas não encontra, em parte, substância na história da ciência. Isso porque, com o processo de restabelecimento geopolítico europeu, a criação das primeiras universidades, a partir do século XI, e a institucionalização da razão, especialmente aplicada para compreender os fenômenos da natureza (GRANT, 2001) — sendo a primeira delas a Universidade de Bolonha, fundada em 1088 — tanto o *Almagesto* de Ptolomeu quanto a maioria dos textos astronômicos e de física de Aristóteles foram seletivamente incluídos nos currículos acadêmicos. Por sua vez, a institucionalização da razão pode ser observada pela dinamicidade das discussões internas da ciência, que planejaram os caminhos do advento da astronomia copernicana. Por exemplo, materializadas nas críticas à dinâmica de forças de Aristóteles e nos argumentos de pensadores contrários aos conceitos aristotélicos de *força motriz* — uma causa de todos os movimentos violentos, proveniente do meio externo — e de *antiperistasis*⁷, que estavam implicados na física relativa ao estudo sobre o lançamento de projéteis.

No início do século XIV, ano de 1320, o teólogo e filósofo italiano Francisco de Marchia (1290 - 1344), cujos trabalhos colocam em evidência a tese do *conceito de impetus* do filósofo francês Jean Buridan (1300 - 1358), considerava que a força cedida a um projétil pelo seu agente impulsionador não era permanente, mas uma qualidade accidental, extrínseca e violenta que, por ser oposta às inclinações naturais do corpo, era tolerada somente durante um tempo. Além disso, tanto o conceito de *antiperistasis* quanto o papel do meio no movimento dos corpos tornaram-se sem valor cognitivo, diante das simples experiências factuais que foram apresentadas por Marchia. Seguindo essa ideia, Buridan utilizou experiências para refutar a lógica da *antiperistasis* e o papel do meio como *força motriz* aristotélica, argumentando que, no curso de um navio, mesmo contra a corrente, depois que seu impulso cessa, ele continua em movimento; da mesma forma, estando um marinheiro no convés do navio, este não sente o ar atrás dele o empurrando. Pelo contrário, Buridan afirmara que, em uma pedra ou projétil, havia algo impresso que era a *força motriz (virtus motiva)* do objeto. Nesse contexto histórico, a *teoria do impetus* de Buridan desempenhou um papel fundamental na revolução cosmológica dos séculos XVI e XVII, ao se tornar uma alternativa assertiva para orientar futuramente a unificação dos movimentos terrestres e celestes, sob o mesmo conjunto de leis físicas do movimento, desenvolvidas posteriormente. Adjacente a isso, é possível observar também a rica discussão sobre a possibilidade do movimento de rotação da Terra em torno do próprio eixo, a cosmologia medieval e a tese da unicidade do universo de Aristóteles, que ocuparam o foco do pensamento intelectual dos eruditos medievais antes do nascimento da ciência moderna — que devido à profundidade são contempladas em outro trabalho.

O quarto VE entre o saber da NdC — *a influência cultural, filosófica, religiosa e social sobre*

⁷Processo lógico pelo qual assume-se que um corpo P_1 empurra P_2 para o lugar de P_3 , P_2 empurra P_3 para o lugar de P_4 ..., P_{n-1} empurra P_n para o lugar de P_1 . Por essa lógica, para Aristóteles, nenhum movimento no vácuo era possível, pois, sem o meio, o movimento violento não teria causa, devido à perda de contato entre o corpo móvel e motor que o lançou, isto é, a *força motriz*.

o trabalho dos investigadores — pode ser contextualizado pelas influências da *escola de pensamento neoplatônica e/ou pitagórica*, que impulsionou o advento da astronomia copernicana, no século XV. Ao estudar e trabalhar com o astrônomo Regiomontanus, na universidade em Roma, em um círculo de estudiosos bem restrito, Copérnico assumiu as preocupações dos astrônomos e matemáticos de corrigir as imprecisões das posições planetárias nas *Tabelas Alfonsinas*, que eram baseadas nas teorias planetárias ptolomaicas. Nesse pequeno círculo, seus professores e colegas universitários passaram a comungar das *ideias da escola de pensamento neoplatônica*, especialmente filosóficas e metafísicas, que se tornaram os fundamentos do *movimento cultural renascentista*. O estilo de pensamento neoplatônico estava alinhado, desde de sua raiz, com a cosmovisão pitagórica, na qual o universo era visto pela perspectiva geométrica, e o mundo terrestre era concebido como uma sombra de um mundo eterno, isto é, o mundo da matemática. Por fim, a principal implicação dessa influência neoplatônica sobre Copérnico, mas também posteriormente sobre seus defensores (Giordano Bruno, Galileu Galilei e Johannes Kepler), foi contribuir fundamentalmente para o desenvolvimento científico que concebemos hoje, especialmente através da extensão das matemáticas a toda a ciência física. Sobre Copérnico, essa extensão garantiu não somente a restrição das ideias aristotélicas, que distinguiu nitidamente as funções explicativas da matemática e física, como também mostrou-se uma profícua alternativa científica para substituir o método aristotélico de investigação lógico-verbal.

Por conseguinte, o quinto VE entre o saber da NdC — *que as ideias científicas afetam e são afetadas pelo meio histórico-cultural e social* — encontra-se contextualizado pelos pequenos relatos de contemporâneos à Copérnico, que, culturalmente fiéis ao sistema de mundo aristotélico e contrários a defesa do movimento de rotação da Terra, não aderiram integralmente ao seu trabalho. Outros aspectos relevantes para este vínculo consistem nas críticas de cunho religioso, em um contexto de perseguição político-religiosa que levou Giordano Bruno a ser condenado à morte na fogueira, em 1600 (mil e seiscentos), por defender as ideias de Copérnico; e a própria condenação de Galileu pelo mesmo motivo⁸.

Acerca dos relatos, o historiador da ciência, Roberto A. Martins (1990, p. 80) revela que: “Em 1555, Gemma Frisius escreve uma carta a Stadius, afirmando admirar Copérnico, mas ter restrições à ideia de que a Terra se move”. Da mesma forma, “Gaspar Peucer, genro de Melancton, afirma em seu livro *Hypotheses astronomicae* (1571) que utilizava as observações e tabelas de Copérnico, mas que não descreverá suas hipóteses, para não ofender e perturbar os iniciantes” (Idem). Nesse contexto, “Michael Maestlin (1550-1631), professor de Kepler, utilizou em seu *Epitome astronomiae* (1588) os dados de Copérnico, sem admitir sua teoria” (Ibid., 1990, p. 81). Seguindo essa direção, “O jesuíta Christophorus Clavius chamou de ‘absurda’ a hipótese de Copérnico, porém considerou-o o grande reformador da astronomia” (Idem). Por fim, “Giuseppe Magini (1555-1617), professor de matemática em Bolonha, utilizou os dados numéricos e observações de Copérnico, declarando-o o maior astrônomo de todos os tempos, porém classificou sua teoria como absurda” (Idem). A principal implicação desses pequenos relatos reside no fato de que todos esses astrônomos tanto se opuseram às ideias de Copérnico por motivos religiosos quanto pela falta de argumentos físicos a seu favor.

Por fim, para o sexto e último VE entre o saber da NdC — *a complexidade e sutileza dos mecanismos presentes na aceitação de um novo conhecimento científico e/ou uma nova visão*

⁸Devido à extensão e profundidade, a contextualização desse vínculo epistemológico será pontual e convidativo.

*de mundo*⁹ — sua contextualização encontra-se nesse próprio contexto de aceitação do sistema astronômico copernicano, uma vez que todos esses acontecimentos podem ser exemplificados pelas: críticas dos contemporâneos de Copérnico ao seu trabalho; formas com que o mesmo foi adotado pelos currículos universitários - especialmente, na Espanha; críticas de cunho religioso; consequências pessoais sofridas por Bruno e Galileu e; as complexidades históricas e culturais desse momento da ciência, em relação às reações políticas, ideológicas e jurídica-religiosas da Igreja, que eram contrárias aos movimentos culturais renascentista e humanista (MARICONDA, 2000). Agregando alguns elementos a esses exemplos, destaca-se que no cerne das críticas ao sistema copernicano encontram-se *o problema empírico do movimento de rotação da Terra* e *o problema conceitual externo de visão de mundo geocêntrico*. Pois ao defender a existência desse movimento e uma nova visão de mundo,¹⁰ o trabalho de Copérnico entra em rota de colisão com a doutrina aristotélica. Esse aporte teórico, em termos de malha conceitual e de pressupostos metodológicos, ontológicos, filosóficos, físicos, lógicos e metafísicos, tanto fundamentara o pensamento dos eruditos europeus, por mais de dois mil anos, quanto fora incorporado pela religião e pela cultura europeia. Ao colidir com essa doutrina, o sistema copernicano fomentou os principais *problemas empíricos e problemas conceituais* que orientaram as investigações científicas astronômicas, físicas e cosmológicas, no contexto investigativo da ciência moderna nos séculos XVI e XVII.

Nesse contexto, aceitar as ideias copernicanas e uma nova visão de mundo - isto é, não mais geocêntrico -, perpassava por acreditar nas novas ideias do novo pensamento científico como dignas de “verdades”, de primeira ordem e de crédito, do mesmo modo que aceitavam a filosofia natural aristotélica e a teologia cristã. Em razão disso, a complexidade desse processo de aceitação encontra-se materializada na necessidade de uma grande mudança de valorização científica, através da qual as ideias copernicanas poderiam irradiar as formidáveis consequências vitais que preconizavam a construção de uma nova ciência e visão de mundo. Ademais, as implicações fomentadas pelo sistema copernicano se revela, também, no interesse específico dos espanhóis, focados exclusivamente para os fins náuticos, o desenvolvimento da cosmografia e a reforma de calendário. Para essa utilidade, é válido lembrar que o trabalho de Copérnico contribuiu diretamente para a reforma do *calendário juliano* promovida pelo Papa Gregório XIII. Adjacente a esses acontecimentos, a assimilação do trabalho de Copérnico na Espanha está diretamente associada às indicações/interpretações do polêmico prefácio do livro *De Revolutionibus Orbis Coelestium*, escrito por Andreas Osiander (1498-1552). Osiander afirmara que era preciso “interpretar as hipóteses de Copérnico como teses matemáticas não comprováveis ou verdadeiras” (DOMINGUES, 1996, p. 15). Consequentemente, na Itália e na Espanha, essa sugestão adquiriu a “feição de uma verdadeira estratégia de combate a Galileu, após o decreto de 1616 ter condenado o heliocentrismo copernicano, o qual persistiu na Ibéria, até o século XVIII” (Idem).

Por fim, frente a esses VEs, é possível observar pela lente da ESPL que, ao longo de sua existência, a ciência sempre esteve sob a influência de diferentes fatores externos que implicaram, muitas vezes, negativamente no seu desenvolvimento. Por exemplo, os incêndios da Biblioteca de Alexandria; o descrédito da religião nos primeiros século da E.C; as

⁹O caráter atemporal deste processo de aceitação de um novo conhecimento e/ou nova visão de mundo, se faz presente em todo contexto histórico-cultural do desenvolvimento da ciência.

¹⁰Defesa encontrada no contexto da tradição de pesquisa grega antiga, nos modelos cosmológicos de Filolau de Crotona (480 - 385 A.E.C.) e de Aristarco de Samos (310 - 230 A.E.C.).

perseguições política, jurídica, religiosa e ideológica, que levaram Hipátia e Bruna à morte, incluindo a condenação de Galileu e a proibição do ensinamento das ideias e implicações fomentadas pela astronomia copernicana.

Considerações

Como uma comunicação suscinta de outro mais amplo, este trabalho demonstra como a proposta de VE explorar a história conceitual da ciência, astronomia, cosmologia e física, visando contribuir com a temática NdC, na perspectiva das perguntas — *Por que ensinar sobre a NdC? O que ensinar sobre a NdC? Como ensinar sobre a NdC?* — que instrumentalizam a investigações acadêmico-científicas. Nessa exploração, fundamentando-se na ESPL e nos preceitos da moderna historiografia da ciência, a proposta de VEs permite evidenciar tanto a validade epistemológica dos saberes da NdC, em questão, quanto a consistência interna dos mesmos junto à história conceitual da astronomia, da cosmologia e da física. Essas contribuições para o ensino de ciências/física e a promoção do pensamento crítico *em e sobre a ciência*, podem ser observadas no tratamento do aspecto fundamental da não neutralidade da ciência, contemplado pela contextualização dos *fatores externos e internos* que implicaram no desenvolvimento da ciência, desde os primeiros séculos da era comum, do II até o XVI. Considerando as muitas críticas lançadas contra os saberes da NdC sob o enfoque da visão consensual, a proposta de vínculos epistemológicos contorna quase todas elas. Pois, diferente de sinalizar como os saberes da NdC devem ser ensinados em sala de aula, a proposta de VEs mostra que, sem o conteúdo da história da ciência, qualquer ideia sobre a NdC é vaga! Os VEs de cada um dos saberes da NdC com o conteúdo da história da ciência têm a mesma força da expressão do filósofo e matemático Imre Lakatos, utilizada para chamar a atenção da essência fundamental que justifica a aproximação integrada entre a história e a filosofia da ciência. Ela diz que “A filosofia da ciência sem a história da ciência é vazia; a história da ciência sem a filosofia da ciência é cega” (LAKATOS, 1987, p. 107). Portanto, sem uma contextualização dos saberes da NdC fundamenta histórico-filosoficamente, é impossível livrar-se das críticas pertinentes que muitos trabalhos lançam contra a ideia de visão consensual.

Agradecimentos e apoios

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo apoio financeiro.

Referências

BARROS, J. A. **Fontes Históricas**: Introdução aos seus usos historiográficos. Petrópolis, RJ: Vozes, 2019.

CRUZ, N. R. História e Historiografia da Ciência: considerações para pesquisa histórica em análise do comportamento. **Revista Brasileira de Terapia Comportamental e Cognitiva**, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 161-178, 2006. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/rbtcc/v8n2/v8n2a05.pdf>. Acesso: 8 nov. 2022.

DOMINGUES, B. H. Copérnico e a Espanha. **Sociedade Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v.15, (s/n), p. 11-28, 1996. Disponível em: <https://www.sbhcc.org.br>. Acesso: 8 nov. 2022.

GRANT, E. **God and reason in the middle ages**. New York, United States of America: Cambridge University Press, 2001.

LAKATOS, I. History of Science and Its Rational Reconstruction. In Worrall, J., & Currie, G. (ed.). **The Methodology of Scientific Research Programs**. Cambridge, England: Cambridge University Press, 1987, p. 102-138.

LAUDAN, L. **O Progresso e seus Problemas: rumo a uma teoria do crescimento científico**. São Paulo, SP: Editora da Unesp, 2011.

MARICONDA, P. R. O Diálogo de Galileu e a Condenação. *Caderno de História e Filosofia da Ciência*, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p. 77-160, 2000. Disponível em: <https://www.cle.unicamp.br/eprints/index.php/cadernos/article/view/631>. Acesso: 8 nov. 2022.

MARTINS, A. F. P. 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. 356-703-737, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2015v32n3p703>. Acesso: 8 nov. 2022.

MARTINS, R. A. Ciência *versus* historiografia: os diferentes níveis discursivos nas obras sobre história da ciência. In GOLDFARB, A. M. A.; BELTRAN, M. H. R. (orgs.). **Escrevendo a história da ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas**. São Paulo, SP: EDUC/Livraria da Física/Fapesp, 2004, p.115-147.

MARTINS, R. A. **Commentariolus**: Pequeno comentário de Nicolau Copérnico sobre suas próprias hipóteses acerca dos movimentos celestes. São Paulo, SP: Nova Stella, 1990.

MEY, E. S. A. (2004). Bibliotheca Alexandrina. **Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, Campinas, v. 1, n. 2, p. 71-91, 2004. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rdbci/article/view/2081>. Acesso: 8 nov. 2022.

MOURA, C. B. B.; GUERRA, A. B. História Cultural da Ciência: Um Caminho Possível para a Discussão sobre as Práticas Científicas no Ensino de Ciências? **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 16, n. 3, p. 725-748, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4497>. Acesso: 8 nov. 2022.

MOURA, B. A. O que é a natureza da Ciência e qual sua relação com a história e a Filosofia da Ciência? **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 32-46, 2014. Disponível em: https://www.sbh.org.br/revistahistoria/view?ID_REVISTA_HISTORIA=51. Acesso: 8 nov. 2022.