



Os experimentos de William Harvey sobre o movimento circular do sangue: uma releitura histórica sob as lentes da epistemologia de Bachelard

William Harvey's experiments on the circular blood movement refreshed by the Bachelard's epistemology

Lucas Martins de Avelar^{1,*} , Fábio de Sá Borges¹ , Mel de Oliveira Duarte¹ , Nyuara Araújo da Silva Mesquita¹ 

1. Universidade Federal de Goiás  – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática – Goiânia (GO), Brasil.

Autor correspondente: lucasmavelar@gmail.com

Editores de Seção: Maria Consuelo Alves Lima e David Antonio da Costa

Recebido: 30 Set. 2021 | **Aprovado:** 19 Jan. 2022

Como citar: Avelar, L. M.; Borges, F. S.; Duarte, M. O.; Mesquita, N. A. S. Os experimentos de William Harvey sobre o movimento circular do sangue: uma releitura histórica sob as lentes da epistemologia de Bachelard. *Ensino & Multidisciplinaridade*, São Luís (MA), v. 8, n. 1, e0222, 2022. <https://doi.org/10.18764/2447-5777v8n1.2022.2>

RESUMO

Este estudo, de caráter teórico e bibliográfico, teve como objetivo analisar os experimentos de William Harvey com o movimento circular do sangue no corpo humano a partir da Epistemologia de Bachelard. Recorreu-se a fontes que discutem o referido episódio histórico e outras que abordam a perspectiva bachelardiana. A análise indicou que as investigações e os experimentos de Harvey romperam com compreensões de circulação sanguínea vigentes até então e retificaram erros cometidos por estudos anteriores, como os de Aristóteles e Galeno. Todavia, perceberam-se, em sua produção, traços de continuísmo materializados pela presença de alguns obstáculos epistemológicos: verbal, realista, animista e do conhecimento unitário e pragmático. Com os estudos de Harvey, cresceram os grupos de médicos e anatomistas dedicados à temática, instituindo-se a cidade científica e o fortalecimento da fenomenotécnica. Ressaltam-se a importância das releituras de episódios históricos à luz de diferentes epistemologias no Ensino de Ciências e seu potencial de irromper visões ingênuas e objetivistas da produção do conhecimento científico.

Palavras-chave: Circulação do sangue. William Harvey. Bachelard. Rupturas. Obstáculos epistemológicos.

ABSTRACT

This theoretical and bibliographic study aimed to analyze William Harvey's experiments with the circular movement of blood in the human body based on Bachelard's Epistemology. We resorted to sources that discuss the historical episode and others that approach the Bachelardian perspective. The analysis indicated that Harvey's investigations and experiments broke with current understandings of blood circulation and corrected errors made by earlier studies, such as those of Aristotle and Galen. However, traces of continuity were noticed in his production, materialized by the presence of some epistemological obstacles: verbal, realistic, animistic, and unitary and pragmatic knowledge. With Harvey's studies, the groups of doctors and anatomists dedicated to the subject grew, establishing the scientific city, and strengthening phenotechnics. The importance of re-reading historical episodes in the light of different epistemologies in Science Teaching is highlighted, as well as its potential to erupt naïve and objectivist visions of scientific knowledge production.

Keywords: Blood circulation. William Harvey. Bachelard. Breakages. Epistemological obstacles

INTRODUÇÃO

O estudo de episódios históricos das Ciências tem importante potencial pedagógico para os processos de ensino e aprendizagem. Mesquita *et al.* (2017) compreendem que esses episódios podem ser relidos a partir de diferentes concepções epistemológicas. Os autores assinalam as possibilidades que essas releituras têm para o Ensino de Ciências, no que tange à contextualização dos conhecimentos a partir de uma perspectiva que rompa a linearidade na apresentação e na apropriação desses saberes. Ainda conforme Mesquita *et al.* (2017), tais releituras são capazes de proporcionar outros olhares acerca desses eventos, o que possibilita “entender e propagar que a Ciência não se configura como verdade absoluta, mas se estrutura na dinamicidade dos processos de busca do conhecimento” (MESQUITA *et al.*, 2017, p. 614).

Para compreender como a produção científica acerca dos experimentos de William Harvey tem sido abordada sob viés epistemológico, foi realizada uma pesquisa na Biblioteca de Digital de Teses e Dissertações (BDTD), no Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e no Portal de Periódicos da CAPES. Para isso, foram utilizados os descritores William Harvey e Epistemologia, combinados pelo operador AND. Como resultado, foram obtidos três trabalhos: uma tese, uma dissertação e um artigo.

Na perspectiva de contribuir com discussões relacionadas ao Ensino de Ciências a partir da proposição de releituras de fatos e construções científicas, a tese de Delizoicov (2002), o artigo de Delizoicov, Carneiro e Delizoicov (2004) e a dissertação de Cunha (2013) discutem as explicações de Galeno e Harvey relacionadas ao movimento do sangue no corpo humano, todos a partir da epistemologia fleckiana. Em vista da ausência da identificação de pesquisas, entende-se que é possível uma releitura dos estudos de Harvey considerando também a epistemologia bachelardiana a partir de elementos como o uso de analogias, a ruptura epistemológica e a fenomenotécnica.

Ribeiro e Silva (2019) replicaram alguns experimentos de Harvey em um curso de Licenciatura em Biologia e, a partir dos experimentos realizados, evidenciaram a importância de se discutir a História da Ciência na formação de professores de Ciências. Na análise dos autores, foi possível promover, junto aos participantes, a “compreensão dos processos usados na construção da Ciência; importância do questionamento na construção da Ciência; compreensão do processo de evolução da Ciência; compreensão da importância do conhecimento prévio na construção da Ciência; capacidade de observação” (RIBEIRO; SILVA, 2019, p. 736).

Segundo Delizoicov, Carneiro e Delizoicov (2004), o estudo do movimento do sangue no corpo humano tem sido objeto de interesse investigativo desde a Antiguidade. Para chegar às compreensões hoje difundidas e aceitas, muitos foram os pesquisadores que contribuíram para a elucidação desse processo. Entre rupturas e elementos de continuidade, destacam-se os experimentos realizados pelo inglês William Harvey, que tiveram grande impacto para a reformulação do que se sabia até então, bem como para estudos posteriores.

Diante do exposto, este ensaio caracteriza-se metodologicamente como um estudo teórico-bibliográfico (DEMO, 2000) e busca reconstituir aspectos da trajetória do pensamento biológico acerca do movimento sanguíneo no corpo humano à luz da perspectiva epistemológica de Gaston Bachelard. Especificamente, debruça-se sobre a análise dos experimentos realizados por William Harvey. Dessa forma, é importante destacar que a proposta do texto é trazer uma possibilidade de releitura dos experimentos empreendidos por Harvey em uma perspectiva de contribuição pedagógica e epistemológica que possa ser trabalhada no contexto do Ensino de Ciências, considerando-se a educação básica e a formação de professores de Ciências.

O texto está organizado em cinco partes. Esta introdução apresenta a temática e delinea os objetivos do estudo. A segunda seção discute os principais aspectos da epistemologia de Bachelard. Para tanto, recorreu-se à literatura disponível com vistas a reunir referências que possibilitem discutir os aspectos nucleares da concepção bachelardiana (BACHELARD, 1978; 1988; 1996; BARBOSA, 2003; FILHO, 2010; LOPES, 2007; COSTA, 2015; SÁ, 2018). A terceira seção apresenta os estudos anteriores às pesquisas de Harvey, situando os modelos que até então balizavam a produção de conhecimento. Já a quarta empreende a releitura dos experimentos de Harvey a partir de conceitos da epistemologia de Bachelard. Para a compreensão dos eventos envolvidos no percurso lógico-histórico de construção dos conhecimentos sobre esse episódio, recorreu-se a textos cujo objeto de discussão se instala nessa temática (PORTO, 1994; REBOLLO, 2002; 2012; DELIZOICOV; CARNEIRO; DELIZOICOV, 2004; LIMA, 2008; STÜLP; MANSUR, 2019; NUNES, 2020). Considerou-se, em todo o percurso analítico, o diálogo entre a temática em foco e elementos da epistemologia bachelardiana. Por fim, nas considerações, são apresentadas algumas sínteses a partir da reinterpretção empreendida e é explicitado o indicativo das potencialidades dessa releitura para a constituição de visões acerca da natureza da Ciência, bem como para o Ensino de Ciências.

EPISTEMOLOGIA DE BACHELARD: A DESCONTINUIDADE DE CONTÍNUAS RETIFICAÇÕES

O pensamento epistemológico do francês Gaston Bachelard (1884-1962) deve ser compreendido a partir do contexto histórico no qual sua produção está circunscrita. Sua obra pode ser dividida em uma vertente científica (Bachelard diurno) e uma poética (Bachelard noturno). Essa dualidade é explicitada pelo autor no livro *A poética do devaneio*, no qual ele sinaliza que, para manter-se são, dividir-se-ia em “[...] escrever dois livros: um livro sobre o racionalismo aplicado e um livro sobre a imaginação ativa” (BACHELARD, 1988, p. 52). Para a finalidade deste estudo, serão explicitadas as características gerais da primeira vertente de sua produção, a epistemológica (científica).

Para Filho (2010), há uma relação íntima entre a defesa bachelardiana pela necessidade de pensar a Ciência historicamente e o contraponto feito pelo francês às pretensões positivistas de se construir e efetivar um modelo unívoco de Ciência. A crítica ao positivismo se assenta justamente em seu caráter totalitário, uma vez que, ao se colocar como um modo universal de validação da cientificidade, não pressupõe o caráter determinado (no sentido histórico) ao qual se curva a atividade científica.

Bachelard (1978) considera o surgimento da epistemologia como um produto histórico da Ciência. Para ele, a construção de conhecimentos foi avançando por meio das revoluções e descontinuidades, das desilusões com dados modelos e do recomeço por meio de outros. Emergiu, assim, a necessidade de se pensar a própria produção do conhecimento.

Lopes (2007) assinala o papel dado a Bachelard, ao erro e à retificação nos processos de construção do conhecimento científico. Para o epistemólogo, a Ciência caminha por constantes retificações de erros cometidos anteriormente. Essa compreensão, como indica Lopes (2007), aponta para o caráter circunstancial da produção dos saberes. Dessa forma, na concepção bachelardiana, deixa-se de buscar a verdade absoluta e cristalizada e passa-se a considerar a existência de diferentes racionalidades produtoras de entendimentos distintos da temática.

Bachelard é o epistemólogo do não, pois considera que a Ciência caminha por meio da negativa de modelos em uma busca pela verdade, que nunca cessa. Isso posto, os resultados das investigações sob a ótica bachelardiana não devem ser vistos a partir de concepções dogmáticas. Na verdade, a primeira função da Ciência, para o autor, é romper com o senso comum em um processo contínuo de retificação de estudos e concepções ora realizados. Nesse sentido, pode-se dizer que, para Bachelard, ao presente coloca-se a tarefa de olhar para o passado com a finalidade de analisar os erros cometidos e tentar chegar a conhecimentos que traduzam o mais aproximadamente possível a natureza dos fenômenos (LOPES, 2007; FILHO, 2010).

Conforme aponta Barbosa (2003), a epistemologia bachelardiana pode ser classificada como um racionalismo aplicado. Para a autora, essa característica da obra de Bachelard instala-se no fato de sua proposição intentar a explicação da Ciência contemporânea, em um contexto no qual racionalismo e empirismo não eram mais capazes de oferecer as bases explicativas para a realidade. No início do século XX, a teoria da relatividade de Einstein, a mecânica quântica e avanços na Química atômica forneceram o pano de fundo para que o epistemólogo propusesse suas concepções sobre a evolução do pensamento científico.

Como indica Sá (2018), o racionalismo aplicado de Bachelard consiste no diálogo entre racionalismo e empirismo, haja vista que a razão se volta em direção ao real. Em outras palavras, pode-se dizer que as novas experiências realizadas no curso da história de desenvolvimento de uma área e que ocorrem em contextos de rupturas e retificações vão moldando os modos operacionais de dada Ciência, a partir de uma racionalidade concreta. Essas experiências, contudo, ocorrem diante das condições e dos métodos disponíveis e empregados em cada momento histórico. Por isso, o racionalismo aplicado de Bachelard rejeita a noção de universalidade dos processos científicos.

Lopes (2007) chama a atenção para uma diferenciação entre os conceitos de fenômeno e fenomenotécnica como elemento-chave para a compreensão do racionalismo aplicado em Bachelard. Enquanto os fenômenos se constituem apenas nos acontecimentos em si, a fenomenotécnica refere-se aos meios pelos quais ocorreram e vêm ocorrendo as tratativas de estudos de dado fenômeno no curso de edificação do conhecimento. A autora dá o exemplo da Química, uma Ciência cujas bases têm sido construídas por meio de uma fenomenotécnica.

Em outros termos, a fenomenotécnica expressa a razão, a racionalidade de uma Ciência em interlocução com a experiência pela via das técnicas empregadas para a inteligibilidade do real. Por isso, como aponta Lopes (2007), para a epistemologia de Bachelard, a fenomenotécnica representa a realidade que é construída artificialmente pela Ciência, pelos sujeitos cognoscentes que a produzem ante a necessidade de conhecê-la.

A epistemologia bachelardiana não está alheia aos aspectos sociais de construção da Ciência. Conforme Costa (2015), o conceito de cidade científica foi a forma utilizada pelo autor para sinalizar a existência de grupos de pesquisadores voltados a uma dada temática. Segundo a autora, o francês considera que esses grupos configuram “trabalhadores da prova”. Em outras palavras, esses sujeitos seriam investigadores em comunhão nos estudos referentes a um tema específico que, em dado momento, torna-se importante foco de questionamento e pesquisa. Essa união acontece via racionalismo aplicado, sendo esses indivíduos unidos intersubjetivamente pelos seus interesses de estudo. Sobre isso, Costa (2015) assinala que a epistemologia bachelardiana substituiu o *cogito* cartesiano, marcado pela individualidade empírica do cientista diante do objeto de estudo, pelo *cogitamus*. Esse último seria resultado da organização dos pesquisadores em torno de estudos que levem a constantes rupturas e retificações de erros passados no que tange aos fatos analisados.

Em seu livro *A formação do espírito científico*, Bachelard (1996) explicita os três estados pelos quais o espírito científico passa no decurso de sua formação, quais sejam: concreto, concreto-abstrato e abstrato. Cada um desses três estados é identificado com as características de três períodos históricos que, segundo o autor, podem ser evidenciados no curso do desenvolvimento da Ciência. O estado pré-científico, que predominou até o século XVIII, o estado científico, que vai do fim desse último até o início do século XX, e, por fim, o estado do novo espírito científico, cujo elemento propulsor deu-se com os estudos de Einstein. Cabe ressaltar que, por possuir uma epistemologia histórica, a compreensão de Bachelard considera que sempre existirão resquícios desses diferentes estados nos movimentos de desenvolvimento científico.

O estado pré-científico é marcado pela empiria, pelo foco voltado aos exageros realistas e ao que o francês chama de experiências primeiras. Por isso, esse estado é identificado com o espírito científico concreto. O estado científico concreto-abstrato pauta-se pela transição e a preparação para uma nova racionalidade, a aplicada. É essa última que caracteriza o novo espírito científico, marcado pela abstração configurada no diálogo entre o racionalismo/razão e o empirismo/realismo (BACHELARD, 1978).

Ocorre que, para Bachelard (1996), há elementos de permanência, que engendram o que o autor chama de obstáculos epistemológicos. De acordo com ele, tais obstáculos seriam entraves ao novo, à retificação dos erros do passado. Ao comentar sobre o conceito de obstáculos epistemológicos em Bachelard, Lopes (2007) destaca que eles são tidos como produto do próprio processo descontínuo de rupturas pelo qual passa a Ciência. Os obstáculos se apresentam como oposições ao recomeço, com o predomínio de certa dose do continuísmo tão combatido pelo epistemólogo. Esse continuísmo é, pois, resultante de uma “[...] razão acomodada ao que já se conhece [...]” (LOPES, 2007, p. 142).

Bachelard (1996) apresenta sete aspectos que configuram, de acordo com seu entendimento, obstáculos epistemológicos. Eles são identificados e discutidos pelo autor com base em exemplos das Ciências naturais (Física e Química) e da Matemática. Em ordem de apresentação, são eles: a experiência primeira; o conhecimento geral; o obstáculo verbal; o conhecimento unitário e pragmático; o obstáculo substancialista; o obstáculo animista; e os obstáculos do conhecimento quantitativo.

As experiências primeiras são aquelas marcadas pelo sensível. Elas têm origem nas relações imediatas com a realidade, pautadas no visível. Bachelard vincula esse obstáculo ao conhecimento vulgar (senso comum), uma vez que a compreensão dos fenômenos se dá de modo alheio a investigações mais profundas. Estão, pois, no campo das interpretações precipitadas (BACHELARD, 1996).

O conhecimento geral refere-se às tentativas de constituição de verdades absolutas e generalistas no curso do desenvolvimento científico. Segundo o autor, a busca por esse tipo de conhecimento ocorreu (e ocorre ainda hoje) por meios indutivistas. O indutivismo tem como principal característica a pretensão de estudar casos particulares e generalizar seus resultados para o todo. Essa é também uma característica do senso comum que, ao observar fatos específicos, coloca-os em condição de semelhança com outros, criando padrões de ocorrência geral (BACHELARD, 1996).

O obstáculo verbal está relacionado ao uso excessivo de metáforas para se referir a determinado fato. Bachelard (1996) se vale do exemplo da esponja para explicá-lo. Ao longo dos tempos, a propriedade de esponjicidade vem sendo utilizada para caracterizar muitos fenômenos. Assim, o obstáculo verbal se processa à medida que esses fenômenos passam a sofrer adjetivações que substituem as explicações efetivamente comprometidas com sua natureza.

O conhecimento unitário pragmático visa à homogeneidade dos saberes e à utilidade desses. O aspecto da unidade se instala no fato de os conhecimentos serem colocados a serviço de um ideal harmônico de Ciência. Tal compreensão afasta quaisquer indicativos de que a atividade científica, na verdade, ocorra em contextos diversos.

O obstáculo substancialista se apresenta nas situações em que as propriedades de um todo são dadas a casos particulares e se caracteriza pela atribuição de qualidades a um fenômeno como se fossem pertencentes apenas a ele. Sobre esse obstáculo, Lopes (2007) assinala o exemplo do ouro dado por Bachelard. Segundo ele, a cor amarela é comumente identificada com esse metal, como se a cor a isso se resumisse.

Sobre o obstáculo animista, Bachelard (1996) indica o fetichismo da vida que o acompanha. O animismo aparece nos casos em que as características de seres vivos são dadas à matéria inanimada. Conforme aponta o autor, os reinos mineral, animal e vegetal eram compreendidos a partir da antropomorfização de seus representantes.

Por fim, os obstáculos do conhecimento quantitativo são próprios da valorização excessiva de dados numéricos. Segundo Bachelard (1996), eles se evidenciam nas situações em que o foco se volta muito mais para a mensuração e para como mensurar do que para conhecer o objeto investigado.

Bachelard (1996) indica que esses obstáculos sempre estarão presentes nos processos de produção do conhecimento e da apreensão da realidade, já que não se pode apagar a historicidade dessa produção. Superar o passado por meio das retificações realizadas no presente (que é sempre historicamente situado) demanda, segundo o autor, a psicanálise do conhecimento. Lopes (2007) pontua que, diferentemente do conceito freudiano de psicanálise, em Bachelard isso quer dizer desvelar psicologicamente os conhecimentos de sua empiria. Em outras palavras, psicanalisar o conhecimento sob a perspectiva bachelardiana é ir além, por meio das rupturas com o senso comum/conhecimento vulgar.

CONTEXTUALIZAÇÃO DOS ESTUDOS QUE ANTECEDERAM HARVEY SOBRE A CIRCULAÇÃO DO SANGUE

Antes de nos ocuparmos especificamente da análise dos experimentos realizados por William Harvey e suas consequências para o entendimento da fisiologia da circulação, é necessário situar a produção do autor em relação aos modelos com os quais ela busca romper. Um olhar bachelardiano para os estudos de Harvey é impossível sem que se considerem historicamente os modos pelos quais o inglês chegou às suas conclusões.

A circulação humana já era objeto de estudos desde a Antiguidade. Segundo Stülpe e Mansur (2019), os primeiros registros do estudo formal da anatomia datam da Cidade de Alexandria, no Egito. Após 323 a.C., a dissecação passou a ser disciplina em cursos gratuitos, ao mesmo tempo que houve a produção de material textual sobre a temática. Nos anos seguintes, uma série de incêndios sistemáticos ocorridos na Biblioteca de Alexandria, cujas causas ainda são incertas, destruiu diversos desses textos. Antes disso, sabe-se que tanto os egípcios quanto os gregos já se interessavam pelos estudos do sistema cardiovascular. Entre esses estudiosos, destacam-se Hipócrates e Aristóteles.

Hipócrates (460 a.C-370 a.C) concebia o coração como o local no qual estava guardado o fogo natural. Essa ideia reside na compreensão de que o calor seria uma propriedade característica dos seres vivos, cuja fonte seria tal órgão. O ar dos pulmões teria a função de refrigerar o coração. Hipócrates denominou os vasos sanguíneos de veias. Na concepção dele, as veias estariam interligadas umas às outras e se localizavam perto dos ossos (LIMA, 2008; REBOLLO, 2002; 2012).

Aristóteles (384 a.C-322 a.C) analisava os fenômenos a partir de suas finalidades. Para o grego, havia uma relação causa-efeito entre a função e a estrutura dos órgãos. À época, era corrente a máxima da existência dos quatro elementos (terra, ar, água e fogo) como componentes presentes em todos os organismos. O sangue era tido como um fluido síntese desses elementos contidos no corpo e, no entendimento aristotélico, a sua quantidade dependia dos alimentos ingeridos (LIMA, 2008; REBOLLO, 2002; 2012).

Assim como Hipócrates, Aristóteles sinalizava o papel dos pulmões na refrigeração do corpo e pontuava que o sangue passava por esse órgão. Conforme os alimentos fossem sofrendo a cocção no fígado e no intestino, esses passariam ao coração, onde sofreriam ebulição, a qual seria, portanto, a causa de o coração inflar, processo responsável por levar o sangue para o corpo. O modelo de Aristóteles não previa o retorno do sangue ao coração, uma vez que considerava que o líquido fluía apenas do órgão para as extremidades do organismo (LIMA, 2008; REBOLLO, 2002; 2012).

Para Delizoicov, Carneiro e Delizoicov (2004), outro pensador de notável contribuição para os estudos da fisiologia cardiovascular foi Cláudio Galeno de Pérgamo (129 d.C-200 d.C). Os postulados galênicos empreenderam

a interpretação e a revisão de muitos dos fundamentos estabelecidos por Hipócrates e exerceram influência sobre as investigações médicas por mais de mil anos.

Segundo Rebollo (2012), Galeno elaborou um modelo duplo de circulação sanguínea. Para ele, cada um dos lados do coração correspondia a um sistema. O sangue era produzido no fígado a partir dos alimentos e circulava do lado direito do coração. Também no fígado eram produzidos os espíritos animais que, assim como o sangue, tinham a função de nutrir o organismo. Do lado esquerdo do coração, sede do calor vital, ficava o sistema arterial, no qual circulavam os espíritos vitais, responsáveis pela refrigeração do corpo. Tais espíritos eram produzidos pela interação dos pulmões com o coração durante a inspiração, interação essa que era possível graças à existência da “artéria pulmonar”, hoje conhecida como veia pulmonar. Havia ainda os espíritos animais, formados no cérebro com a chegada de sangue. Eles seriam os responsáveis pelo pensamento, pelos movimentos do corpo e pelas sensações.

Entretanto, Galeno considerava que tanto as veias quanto as artérias possuíam sangue. Essa compreensão difere, portanto, da difundida por Hipócrates e Aristóteles, segundo os quais nas artérias circulava apenas ar. Isso seria possível em virtude da comunicação existente entre os sistemas arterial e venoso. O lado esquerdo do coração receberia ar e sangue, ligando-se ao lado direito através de poros invisíveis e anastomoses (comunicação direta entre os tipos de vasos). Galeno considerava que os movimentos cardíacos de sístole e diástole eram ocasionados pela presença de uma fibra que revestia o coração. A veia pulmonar teria como função permitir a passagem dos espíritos vitais e do ar, que vinham dos pulmões. Por esse motivo, essa veia possuiria, além de sangue, os vapores fuliginosos (impurezas) que seriam eliminados com o fluxo pelo corpo (LIMA, 2008; REBOLLO, 2012).

Mesmo que as ideias galênicas tenham exercido grande influência e se estabelecido nos mil anos que se seguiram à sua divulgação, não quer dizer que, nesse meio tempo, não tenha havido outros pensadores que tenham se debruçado sobre o estudo do movimento do sangue. Pode-se dizer, sob uma interpretação a partir de Bachelard (1978; 1996), que esses estudiosos retificaram alguns dos erros cometidos pelos antecessores.

Nesse sentido, Delizoicov, Carneiro e Delizoicov (2004) afirmam que significativas inovações na forma de representar o corpo humano foram implementadas por André Vesálio (1514-1564), o primeiro médico a unir a dissecação com a exposição e a utilizar desenhos artisticamente executados. Cabe ressaltar que o trabalho de dissecação já era realizado antes, porém as finalidades didáticas eram limitadas apenas a inculcar nos estudantes as concepções do modelo galênico, tidas à época como verdades absolutas. Por meio de seus estudos comparativos, Vesálio procurou mostrar que os escritos anatômicos de Galeno descreviam estruturas de animais, não do ser humano. Como indicam Delizoicov, Carneiro e Delizoicov (2004), os estudos de Galeno foram muito mais resultantes de dissecações realizadas em animais, como porcos e macacos, do que em corpos humanos.

Para Porto (1994), outra transformação sofrida pelo modelo galênico refere-se à convicção do médico espanhol e teólogo Miguel de Serveto (1511-1553) sobre a impossibilidade da existência de poros interventriculares no coração. Serveto considerava que a comunicação dos sangues venoso e arterial ocorreria nos pulmões através de vasos. Nos pulmões, o sangue receberia ar e, retornando ao coração, esse sangue vivificado se transformaria em espíritos vitais. Nesse sentido, o espanhol se contrapõe a Galeno em outro aspecto, ao afirmar que a artéria pulmonar (veia pulmonar) não tinha apenas a função de nutrir os pulmões, como postulava o grego. Segundo Serveto, a função desse vaso seria, portanto, a de permitir a passagem de sangue para os pulmões e seu regresso ao coração pelo lado esquerdo.

Matteo Realdo Colombo (1516-1559), discípulo e assistente de Vesálio, também negou a existência dos poros interventriculares. Ele contrapõe os postulados de Galeno indicando que a veia pulmonar transporta apenas sangue, não ar, e concluindo que não havia a produção de vapores fuliginosos. Colombo também indicou sua compreensão acerca das funções das válvulas das veias e, antes de Harvey realizar seus experimentos, já sinalizava que a função dessas estruturas seria barrar o refluxo sanguíneo. Todavia, Colombo continuou a atribuir ao fígado a mesma função descrita por Galeno (DELIZOICOV; CARNEIRO; DELIZOICOV, 2004; LIMA, 2008; REBOLLO, 2012; NUNES, 2020).

Andrea Cesalpino (1525-1603), professor em Pisa e discípulo de Colombo, atribuiu ao coração a função de ser a sede do princípio que regia a atividade do organismo. O italiano contribuiu com os estudos sobre o movimento do sangue no corpo ao afirmar que o fluxo sanguíneo das veias se dava no sentido do coração, ao passo que o sangue arterial fluía do órgão para as partes do organismo. Entretanto, Cesalpino era fortemente influenciado pelo pensamento aristotélico e postulava a existência do calor no coração e da comunicação entre os ventrículos por meio de poros, erro já retificado por seu professor (REBOLLO, 2012).

Hieronymus Fabricius de Acquapendente (1533-1619), que ocupava a cadeira de anatomia na Universidade de Pádua, foi professor de William Harvey e exerceu grande influência sobre o inglês. Acquapendente publicou o livro *Das válvulas nas veias*, no qual afirmou, a partir de influências galênicas, que as válvulas venosas teriam como função controlar a quantidade de sangue distribuída para o corpo (NUNES, 2020).

UMA INTERPRETAÇÃO BACHELARDIANA DOS EXPERIMENTOS DE WILLIAM HARVEY SOBRE O MOVIMENTO CIRCULAR DO SANGUE NO CORPO HUMANO

O médico inglês William Harvey apresentou importantes contribuições para o campo da fisiologia cardiovascular, ao romper com muitas das concepções até então aceitas. A partir da epistemologia de Bachelard (1996), pode-se dizer que os experimentos e as consequentes afirmações de Harvey a respeito do movimento sanguíneo no corpo humano retificaram alguns dos erros correntes na área. Em especial, Harvey instituiu novas compreensões em relação à função do coração, à direção do sangue nas veias e artérias e, principalmente, à natureza completamente fechada do sistema circulatório humano (LIMA, 2008; AIRD, 2011; NUNES, 2020).

Harvey bacharelou-se em Artes (curso generalista com diversas disciplinas no currículo) pelo Caius College, em Cambridge, no ano de 1597, estabelecendo-se posteriormente em Pádua, na Itália, a partir de 1599, com o objetivo de doutorar-se em Medicina. Na Itália, a formação médica do inglês se deu em torno dos conhecimentos estabelecidos por Hipócrates, Aristóteles e Galeno. Foi aluno do fisiologista Fabrizio d'Acquapendente, que já na época estudava as válvulas venosas e postulava que essas tinham a função de barrar a perda de sangue dos membros superiores para os inferiores. De volta à Inglaterra, Harvey tornou-se genro do médico da rainha Elizabeth I e, posteriormente, tornou-se ele próprio médico dos reis ingleses Jaime I e Carlos I (REBOLLO, 2012). A Fig. 1 retrata o médico inglês.



Fonte: Hannah, R. (1848).

Figura 1: William Harvey demonstrando a circulação sanguínea ao rei Carlos I, da Inglaterra, por Robert Hannah.

Seu livro mais famoso é *Excitatio anatomica de motu cordis et sanguinis animalibus* (estudo anatômico do movimento do coração e do sangue nos animais). Nesse livro, o médico apresenta uma série de experimentos e suas respectivas conclusões a respeito de como acontece a circulação sanguínea no corpo humano (AIRD, 2011).

Nunes (2020) destaca que Harvey rompeu com uma das principais concepções errôneas acerca do fluxo sanguíneo no corpo. Havia a compreensão de que os batimentos cardíacos e a respiração tinham como objetivo permitir a entrada de ar durante a diástole e a produção de vapor fuliginoso na sístole. A refutação desse

entendimento apresenta-se, sob uma interpretação bachelardiana, como um primeiro ponto de retificação proposto por Harvey por meio de seus estudos. Assim, pode-se ainda afirmar que essas compreensões anteriores aos estudos do autor possuem forte dependência da empiria e trazem em si as características de um estado pré-científico, haja vista as explicações repletas de metafísica.

Segundo Mowry (1985), as formulações de William Harvey tiveram como base quatro tipos de argumentos: quantitativo, explicativo, por experimentos e da predição. Em síntese, o inglês realizou observações acerca da quantidade de sangue no corpo e fez cálculos para comprovar suas asserções; construiu uma argumentação explicativa a partir das evidências; organizou uma série de experimentos de vivissecção e com ligaduras para testar suas hipóteses; e realizou previsões acerca de dados até então inexplicáveis para a Ciência na época, a partir da circulação do sangue como possível causa. Um exemplo disso era a propagação da sífilis a partir do local inicial de contágio, fato que o movimento sanguíneo circular poderia elucidar.

Para Harvey (2009), a quantidade de sangue distribuída pela veia cava às artérias seria muito superior àquela possível pelo cozimento dos alimentos. Essa compreensão partia do pressuposto de que o fluxo sanguíneo seria constante, provocado pelos batimentos cardíacos. Outro argumento apresentado pelo autor foi de que as veias seriam as responsáveis pelo retorno do sangue ao coração.

Em seus experimentos, Harvey (2009) observou os movimentos das câmaras cardíacas. Com isso, estabeleceu a diferenciação do papel das aurículas e dos ventrículos. Sobre esse movimento o autor escreve que, ao sair do coração,

[o sangue] é lançado pela pulsação do ventrículo esquerdo para as artérias, que o levam pra as partes e para o corpo todo; o sangue do ventrículo direito é carregado do mesmo modo pela vena arteriosa para os pulmões. O sangue retorna à veia cava, e da mesma forma, o sangue que retorna dos pulmões passa para o ventrículo esquerdo pela artéria chamada venosa e continua da mesma forma antes apontada. O que me leva a denominar esse movimento de circular é que ele imita o movimento dos corpos superiores da mesma forma que o fazem, segundo Aristóteles, o ar e as chuvas (HARVEY, 2009, p. 47).

No trecho citado, percebe-se um obstáculo verbal contido na analogia realizada por Harvey ao comparar o movimento circular do sangue ao ciclo da água tal como explicitado por Aristóteles. Mesmo tendo rompido com a ideia galênica, o autor ainda se baseava em argumentos aristotélicos para referir-se as funções do fluxo sanguíneo (LIMA, 2008). Harvey afirmava que o retorno do sangue ao coração servia a finalidade de torná-lo mais quente, recuperando o calor natural e os espíritos (LIMA, 2008).

Assim, compreendemos que as formulações do médico ainda estavam repletas de afirmações animistas, advindas do entendimento explicitado por estudiosos anteriores. Todavia, outro ponto de retificação de erro apresentado por Harvey foi a diferenciação definitiva das veias e artérias, não presente até então. Segundo Lima, para o inglês:

[...] as artérias são os vasos que partem do coração e levam o sangue deste para todo o corpo, as veias são os vasos que carregam o sangue das extremidades do corpo para o coração, ou seja, levam sangue mais cru que se tornou incapaz de nutrir (2008, p. 79).

As explicações sobre o movimento circular do sangue, com seu retorno ao coração pelas veias, foram, contudo, formuladas sem que Harvey tivesse o conhecimento dos modos pelos quais ocorriam as trocas entre o sangue arterial e venoso. Foram realizados experimentos de vivissecção com animais como serpentes e sapos, conhecidos por serem de “sangue frio” (LIMA, 2008). De acordo com Harvey (2009), essa característica auxiliava na observação da atividade circulatória, já que o coração desses animais bateria de forma mais lenta.

Ao realizar a vivissecção de uma serpente, o autor observou a mudança de coloração do coração nos movimentos de sístole (pálido) e diástole (avermelhado). Quando a veia cava, localizada na parte inferior do coração, teve o fluxo de sangue cortado, o local até o órgão teve o líquido esvaziado por conta da sístole; o coração adquiriu coloração pálida e os batimentos ficaram mais lentos. O reestabelecimento do fluxo fez com que o funcionamento se normalizasse (LIMA, 2008; HARVEY, 2009).

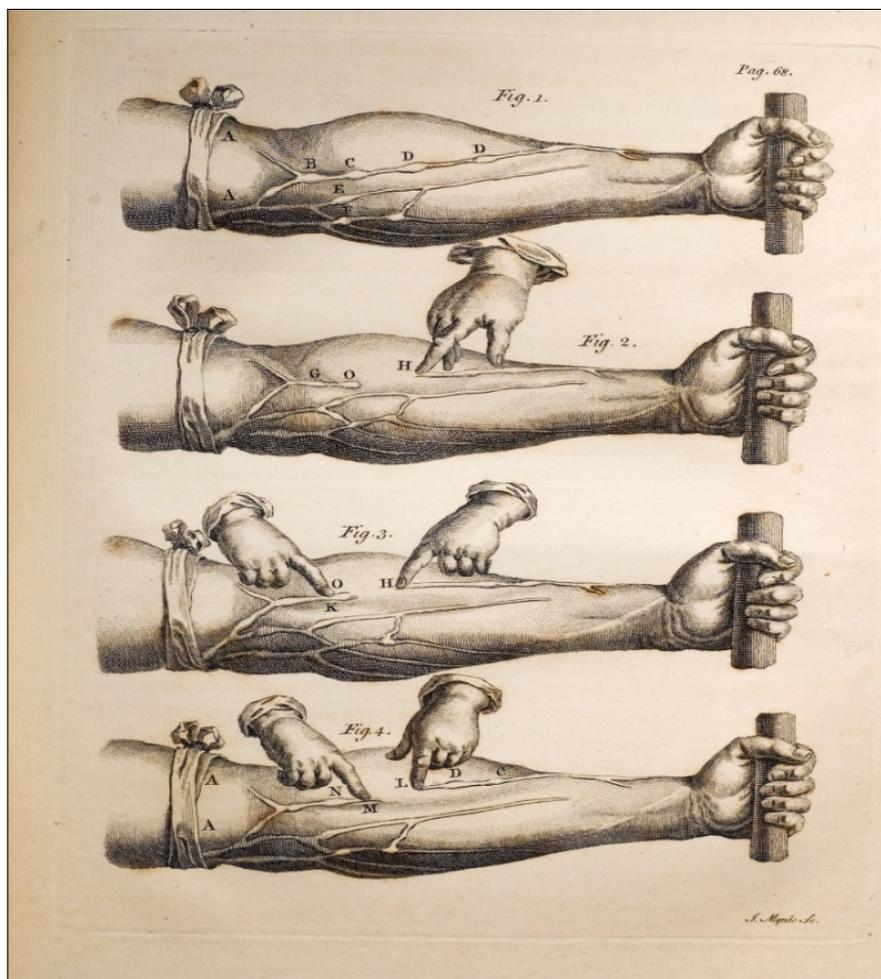
Contudo, ao cortar o fluxo sanguíneo da artéria superior, a região do vaso até o coração aumentou de volume, em virtude do movimento da sístole. O órgão pôde ser observado em tom avermelhado. O reestabelecimento do fluxo fez com que também houvesse o retorno do funcionamento normal (LIMA, 2008; HARVEY, 2009). Esse experimento permitiu que Harvey concluísse que a passagem de sangue nas veias e artérias ocorre em quantidades iguais, por intermédio da pulsação cardíaca (LIMA, 2008).

Para elucidar a distribuição de sangue pelo organismo e seu movimento circular de saída do coração pelas artérias e de retorno ao órgão pelas veias, o médico realizou uma série de experimentos com ligaduras (LIMA, 2008; HARVEY, 2009; NUNES, 2020). Foram utilizadas ligaduras de dois tipos:

1 – Ligaduras Apertadas: utilizadas para impedir a passagem de sangue em amputações, para a construção de animais e para a extração de tumores, nestes tipos de ligaduras não é possível ver os vasos pulsando além das ligaduras.

2 – Ligaduras Intermediárias: utilizadas para obter a atração do sangue nas sangrias, são ligaduras que não causam dor no membro onde é colocado [sic], além da ligadura é possível perceber as fracas pulsações das artérias (LIMA, 2008, p. 83).

Segundo Lima (2008), Harvey considerou que o experimento produziria melhores resultados se feito com homens mais magros, cuja visualização dos vasos fosse mais evidente. As ligaduras apertadas provocam a distensão das artérias; já nas intermediárias ocorreria o aumento do volume das veias. Conforme indica Nunes (2020), nos experimentos com ligaduras, Harvey amarrou o braço de um homem para verificar a atividade dos vasos sanguíneos. Ele passou a observar o que ocorria com as veias e artérias. A Fig. 2 ilustra esses experimentos.



Fonte: Harvey, W. (1628)

Figura 2: Experimentos de William Harvey com ligaduras.

Em seus experimentos, Harvey (2009) comprovou o movimento contínuo do sangue pelo coração. Quando amarrava o braço na região de uma veia, a parte abaixo da ligadura intermediária aumentava de volume ao passo que a parte de cima diminuía. Na situação em que uma artéria era amarrada, ele notou que as veias que a ela se comunicavam diminuíram de volume e, quando ela era desamarrada, voltavam a se inundar de sangue. Esses fatos fizeram com que o autor constatasse sua tese do movimento ininterrupto do sangue pelo coração.

Em outro experimento, o inglês buscou analisar a função das válvulas presentes nas veias quanto à direção do fluxo sanguíneo. Nessa ocasião, Harvey (2009) relata que voltou a amarrar o braço de um homem de modo que o curso do sangue cessasse. Após isso, notou que, além do volume das veias ter diminuído, o membro ficou dolorido e deixou de ter sua cor e temperatura comuns.

Com o afrouxamento das amarras e a passagem do sangue arterial, a cor e temperatura voltaram ao normal. O estudioso observou, ainda, o aumento de volume das veias do membro, fazendo-o postular que o sangue arterial chegava a ele e, em seguida, avançava para as veias. Com isso, Harvey demonstrou que o sangue das veias flui sempre de modo unidirecional, sendo essa a direção para a qual se dá a abertura das válvulas venosas (HARVEY, 2009; NUNES, 2020).

Harvey realizou ainda outro experimento com o objetivo de compreender o motivo pelo qual o sangue das veias realiza esse movimento sempre em direção ao coração e como isso ocorre. Para isso, amarrou novamente o braço de um homem na altura do coração. Após o procedimento, verificou que algumas regiões se apresentavam com maior volume que outras e deduziu serem essas as regiões nas quais estavam localizadas as válvulas venosas (LIMA, 2008; HARVEY, 2009; REBOLLO, 2012; NUNES, 2020).

Em seguida, Harvey (2009) pressionou o local e verificou que a válvula não deixava o sangue retornar ao segmento anterior. Ele então pressionou a válvula seguinte e, com as duas sendo espremidas, observou que o volume do segmento permanecia baixo. Ao deixar de pressionar a válvula anterior, o sangue voltou a fluir e o volume do segmento aumentou. A respeito da finalidade das válvulas, o médico indica que elas impedem

[...] o movimento do sangue a partir do coração ou da veia cava; fato que também ocorre com as válvulas situadas nos lugares elevados, que ao se fecharem, interrompem e impedem o movimento sanguíneo para cima, do coração para a cabeça; o mesmo ocorre com as válvulas situadas nos lugares mais baixos, que impedem o refluxo para os pés; e ainda, com aquelas que estão situadas lateralmente e que impedem o refluxo para os braços [...] (HARVEY, 2009, p. 64).

Esse experimento permitiu que o inglês comprovasse o movimento perpétuo do sangue venoso em direção ao coração (LIMA, 2008; REBOLLO, 2012; NUNES, 2020). Aqui, é importante destacar as relações e articulações estabelecidas por Harvey entre os experimentos e as perspectivas teóricas que vão se configurando. Isso pode ser entendido como a construção do pensamento científico no diálogo entre a razão e a empiria caracterizada por Bachelard (LOPES, 2007). Os experimentos de Harvey possibilitaram que ele concluísse que o papel do coração estaria ligado à manutenção do movimento do sangue (HARVEY, 2009). Assim, o autor considera que:

É, pois, necessário concluir que o sangue nos animais se agita com um movimento circular e perpétuo e que a única causa desse movimento está no coração, que exerce esta ação ou função por meio da compressão ou pulsação (HARVEY, 2009, p. 68).

Segundo Porto (1994), o médico utiliza termos vindos da hidráulica, como válvulas e canais, para explicar o movimento do sangue. Tal descrição fez com que o coração passasse a ser comparado a uma “bomba” com duas válvulas, cujo impulso seria dado pela força muscular, “o que explica a circulação do sangue num circuito fechado” (PORTO, 1994, p. 136).

O fato de o coração ter sido historicamente comparado a uma bomba hidráulica reflete as influências mecanicistas que já vinham sendo desenhadas para os estudos da época (DELIZOICOV; CARNEIRO; DELIZOICOV, 2004). Esse fato pode ter configurado um obstáculo realista (BACHELARD, 1996), já que, como indicam Delizoicov, Carneiro e Delizoicov (2004), a analogia já vinha sendo utilizada desde Vesálio e a associação do coração a esse tipo de bomba poderia estar relacionada à presença das válvulas. Essa comparação explicativa do coração a uma bomba pode ter influenciado nas investigações a respeito de seus mecanismos.

As análises de Bachelard relacionadas aos obstáculos epistemológicos se mostram importantes no contexto do Ensino de Ciências. Ao relacionar os estudos de Biologia referentes ao sistema circulatório na Educação Básica e o uso de termos comparativos da hidráulica na formulação de explicações do movimento sanguíneo, essas análises possibilitaram a comparação do coração a uma bomba. Essa tentativa de aproximar o conhecimento de uma situação real pode comprometer a compreensão biológica do funcionamento do órgão. Augusto e Silva Junior, ao discutirem a formação continuada de professores de Biologia, evidenciam que esses tipos de analogia “perduraram por séculos e ainda se refletem nas concepções de alunos e professores” (2020, p. 253).

Em todo caso, os estudos de Harvey apresentam importantes rupturas e correções das observações feitas por seus antecessores. Diferentemente da afirmação da diástole como a fase ativa do coração, para Harvey é na sístole que o órgão exibe vigor. No que se refere ao movimento do sangue, perde força a explicação de que a sua quantidade mobilizada no interior do corpo seja explicada a partir das fases de perda, elaboração e reposição ocorridas no fígado (DELIZOICOV; CARNEIRO; DELIZOICOV, 2004; LIMA, 2008; REBOLLO, 2012; NUNES, 2020).

As rupturas empreendidas pelo estudioso podem, até certo ponto, ser interpretadas como uma psicanálise (no sentido bachelardiano) dos conhecimentos até então considerados válidos e difundidos. Essa interpretação se assenta no fato de que as investigações de Harvey se deram, também, considerando as condições objetivas da época, além do que empiricamente estava posto.

Nesse sentido, as construções teóricas propostas por Harvey, baseadas em eventos empíricos, têm estreita relação com as ideias de Bachelard. Para ele, a Ciência não captura o real, mas “indica a direção e a organização intelectual, segundo as quais é possível se assegurar que se aproxima do real. É no caminho do verdadeiro que o pensamento encontra o real; a realidade do mundo está sempre para ser retomada, sob a responsabilidade da razão” (LOPES, 2007, p. 41).

Rebollo (2012) indica que os procedimentos dos quais Harvey lançou mão em suas investigações estavam impregnados das influências aristotélicas quanto à observação sensível e ao raciocínio hipotético-dedutivo. Harvey concebia que era possível e necessário alcançar verdades universais por meio da observação pessoal sistematizada.

Esses fatos possibilitam considerar a presença de outro obstáculo elencado por Bachelard (1996) na produção de William Harvey: o conhecimento unitário e pragmático. A referência à importância das observações sensíveis e à utilização dos procedimentos aristotélicos de investigação comparativa com vistas a alcançar um saber universal evidencia a sua compreensão harmônica de Ciência. Além disso, a explicação com termos da hidráulica, que pode ter levado à comparação mecanicista do coração a uma bomba e também pode ter configurado um obstáculo realista, denota a referência das funcionalidades orgânicas aos aspectos utilitários da vida à época.

Como afirma Nunes (2020), a partir dos estudos de Harvey, houve maior difusão dos modos experimentais de estudar a circulação sanguínea. Houve também o estabelecimento de grupos de médicos e anatomistas dedicados ao estudo da temática. Pode-se dizer que, sob uma interpretação bachelardiana, houve a instituição de uma cidade científica, cujos estudiosos configuraram os trabalhadores da prova (COSTA, 2015), pois as pesquisas e deduções trazidas por Harvey influenciaram grupos específicos no processo de investigação sobre o tema circulação sanguínea.

Os experimentos desenvolvidos por Harvey evidenciam elementos da fenomenotética explicitada por Bachelard, pois, ao pautar suas investigações considerando o uso de instrumentos mediadores entre o sujeito e o objeto, ele estabelece a técnica como elemento fundamental em seu processo de construção do conhecimento científico (LOPES, 2007). Seus estudos foram se materializando na construção da realidade por meio da racionalidade aplicada diante das necessidades de aprofundamento dos conhecimentos sobre o real dado. Esses conhecimentos, sob uma interpretação bachelardiana (LOPES, 2007), são responsáveis por edificar artificialmente essa mesma realidade.

CONSIDERAÇÕES

Este estudo teve como objetivo reinterpretar os experimentos de William Harvey sobre o movimento circular do sangue à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. Ao desenvolvê-lo, foi possível compreender o processo sócio-histórico de produção dos conhecimentos acerca da circulação do sangue no corpo humano a partir de outro ângulo: o das rupturas e retificações contínuas.

Ao valorizar a retificação dos erros, a visão bachelardiana de Ciência rompe com a ideia teleológica de busca pelo conhecimento universal. Ao longo dos anos, diferentes modelos e teorizações empreenderam a tarefa de explicar o mecanismo de circulação humana. Nesse processo, diferentes sujeitos estiveram envolvidos, configurando a cidade científica de trabalhadores da prova de cada um dos modos aceitos em dadas condições históricas de produção.

Mesmo que as formulações de estudiosos anteriores a Harvey tenham rompido com certas concepções sobre o tema, percebe-se que esses estudos, inclusive os do inglês, estavam marcados por traços de continuísmo que se apresentavam como entraves para as retificações. Esses entraves configuram o que se pode chamar, na linguagem bachelardiana, de obstáculos epistemológicos.

Entre esses obstáculos, percebe-se por exemplo o animismo presente nas concepções de Aristóteles, Galeno e outros, que consideravam a circulação de espíritos vitais pelo corpo. A existência desses espíritos também é considerada por Harvey, à luz de suas pesquisas. O autor compreende que o coração envia sangue contendo calor e os espíritos para as artérias. Nos estudos de William Harvey, nota-se a influência aristotélica no modo de organização lógica de suas investigações, bem como a pretensão de alcançar um conhecimento harmônico, unitário e utilitário. Há ainda o obstáculo verbal, o qual pode ser evidenciado pela comparação do movimento circular do sangue com o ciclo da água. O obstáculo realista também pode ser identificado, apresentando-se no uso de termos vindos da hidráulica (válvula, vasos etc.), os quais difundiram a ideia de que o coração funcionaria analogamente a uma bomba.

A existência de obstáculos epistemológicos é algo próprio do caráter histórico da produção do conhecimento. Com seus estudos, Harvey retificou erros de seus antecessores e rompeu de vez com a dualidade sistêmica (venoso e arterial) da circulação sanguínea. Os experimentos realizados comprovaram o fluxo unidirecional das veias, o papel das válvulas venosas e o movimento circular perpétuo do sangue pelo organismo. Eles também ajudaram a estabelecer uma fenomenotécnica marcada pela racionalidade aplicada às investigações no campo da fisiologia cardiovascular. Além disso, é possível identificar elementos bachelardianos a partir da identificação das relações entre a razão e a empiria nos experimentos e inferências realizados.

A interpretação de episódios históricos das Ciências por diferentes visões epistemológicas pode constituir uma importante ferramenta didático-pedagógica. A releitura dos experimentos de William Harvey a partir dos conceitos bachelardianos evidencia um novo olhar para os processos de produção dos conhecimentos científicos. Considerando-se que Bachelard não propôs uma teoria de cunho pedagógico, mas que suas ideias perpassam discussões relacionadas ao Ensino de Ciências, as argumentações que compõem a tessitura do presente texto se mostram inéditas no campo da epistemologia das Ciências, tendo como foco os estudos de Harvey à luz da teoria bachelardiana. A partir disso, as discussões aqui apresentadas podem contribuir no âmbito do Ensino de Ciências em seus diversos níveis de abordagem.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Conceitualização: Avelar LM, Borges FS, Duarte MO, Mesquita NAS; **Análise formal:** Avelar LM, Borges FS, Duarte MO, Mesquita NAS; **Investigação:** Avelar LM, Borges FS, Duarte MO, Mesquita NAS; **Metodologia:** Avelar LM, Borges FS, Duarte MO, Mesquita NAS; **Administração do projeto:** Avelar LM, Mesquita NAS; **Escrita – rascunho original:** Avelar LM, Borges FS, Duarte MO, Mesquita NAS; **Escrita – revisão & edição:** Avelar LM, Mesquita NAS.

DISPONIBILIDADE DE DADOS

Todos os dados foram gerados ou analisados no presente estudo.

FINANCIAMENTO

Não se aplica

AGRADECIMENTOS

Não se aplica

REFERÊNCIAS

- AIRD, W. C. Discovery of the cardiovascular system: from Galen to William Harvey. **Journal of Thrombosis and Haemostasis**, [on-line], v. 9, n. 1, p. 118-129, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1538-7836.2011.04312.x>
- AUGUSTO, T. G. R.; SILVA JUNIOR, C. A. S. A trajetória do sangue no corpo humano: a história da ciência na formação continuada de professores de biologia. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, p. 250-260, jul./dez., 2020. <https://doi.org/10.53727/rbhc.v13i2.37>
- BACHELARD, G. **O novo espírito científico**. São Paulo: Abril Cultural, 1978. (Coleção Os Pensadores.)
- BACHELARD, G. **A poética do devaneio**. São Paulo: Martins Fontes, 1988.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BARBOSA, E. Gaston Bachelard e o racionalismo aplicado. **Cronos**, Natal, v. 4, n. 1, p. 33-37, jan./dez. 2003.
- COSTA, C. L. F. **Ciência e educação em Bachelard**. 2015. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Educação, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2015.
- CUNHA, C. E. C. **A teoria de William Harvey da circulação do sangue**: um traçado histórico do desenvolvimento das concepções, dos conceitos e dos modelos. 2013. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Saúde e do Ambiente) – Centro Universitário Plínio Leite, Niterói, 2013.
- DELIZOICOV, N. C. **O movimento do sangue no corpo humano**: história e ensino. 2002. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- DELIZOICOV, N. C.; CARNEIRO, M. H. S.; DELIZOICOV, D. O movimento do sangue no corpo humano: do contexto da produção do conhecimento para seu ensino. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 10, n. 3, p. 443-460, 2004. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132004000300009>
- DEMO, P. **Metodologia do conhecimento científico**. São Paulo: Atlas, 2000.
- FILHO, R. N. A. P. A epistemologia histórica de Gaston Bachelard. **Revista Pesquisa em Foco: Educação e Filosofia**, São Luís, v. 3, n. 3, p. 101-109, 2010.
- HANNAH, R. **William Harvey demonstrando para Charles Eu o Circulação do sangue do coração de um veado**, 1848. Disponível em: <http://medicinesart.blogspot.com/2010/08/william-harvey-demonstrando-circulacao.html>. Acesso em: 08. jan. 2022.
- HARVEY, W. **Experimentos de William Harvey com ligaduras**, 1628. Disponível em: <http://whainohayana.blogspot.com/2016/02/experimentos-de-william-harvey.html>. Acesso em: 08. jan. 2022.
- HARVEY, W. **Estudo anatômico do movimento do coração e do sangue nos animais**. São Paulo: Editora Unifesp, 2009.
- LIMA, S. G. **Uma aproximação didática por meio da história do conceito de circulação sanguínea**. 2008. 129 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2008.
- LOPES, A. C. **Currículo e Epistemologia**. Ijuí: Editora UNIJUÍ, 2007.
- MESQUITA, N. A. *et al.* A dupla hélice do DNA: história revisitada à luz da epistemologia kuhniana. **Conjectura: Filosofia e Educação**, Caxias do Sul, v. 22, n. 3, p. 598-616, set./dez. 2017. <https://doi.org/10.18226/21784612.v22.n3.11>

MOWRY, B. From Galen's theory to William Harvey's theory: a case study in the rationality of scientific change. **Studies in History and Philosophy of Science**, [on-line], v. 1, n. 16, p. 49-82, 1985. [https://doi.org/10.1016/0039-3681\(85\)90007-x](https://doi.org/10.1016/0039-3681(85)90007-x)

NUNES, L. B. X. **William Harvey e a circulação sanguínea**: uso de fontes primárias da história da ciência no ensino de biologia. 2020. 169 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

PORTO, M. A. A circulação do sangue, ou o movimento do conceito de movimento. **História, Ciências, Saúde, Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 19-34, 1994. <https://doi.org/10.1590/S0104-59701994000100004>

REBOLLO, R. A. A difusão da doutrina da circulação do sangue: a correspondência entre William Harvey e Caspar Hofmann em maio de 1636. **História, Ciências, Saúde, Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 3, p. 479-513, set./dez. 2002. <https://doi.org/10.1590/S0104-59702002000300002>

REBOLLO, R. A. **William Harvey e a descoberta da circulação do sangue**. São Paulo: Editora Unesp, 2012.

RIBEIRO, G.; SILVA, J. L. C. Replicação de uma experiência histórica em Anatomia Humana: o papel da experiência de William Harvey a favor do movimento circular do sangue. **História da Ciência e Ensino**: construindo interfaces, [on-line], v. 20, n. 1, p. 725-737, dez. 2019. <https://doi.org/10.23925/2178-2911.2019v20esp725-737>

SÁ, J. A. A noção de racionalismo aplicado na obra de Gastón Bachelard. **Griot: Revista de Filosofia**, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 134-153, 2018. <https://doi.org/10.31977/griofi.v17i1.804>

STÜLP, C. B.; MANSUR, S. S. O Estudo de Cláudio Galeno como Fonte de Conhecimento da Anatomia Humana. **Khronos**, [S. l.], n. 7, p. 17, 2019. <https://doi.org/10.11606/khronos.v0i7.159295>