


CIÊNCIA E TECNOLOGIA NO SÉCULO XXI: UM NOVO MOVIMENTO DE RENOVAÇÃO EPISTEMOLÓGICA¹

Elemar Kleber Favreto²


Universidade Estadual de Roraima (UERR)

 <https://orcid.org/0000-0003-3010-4372>

E-mail: elemarfavreto@gmail.com

Josie Agatha Parrilha da Silva³


Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)

 <https://orcid.org/0000-0002-8778-6792>

E-mail: japsilva@uepg.br

Marcos Cesar Danhoni Neves⁴

Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)

 <https://orcid.org/0000-0002-3724-5373>

E-mail: macedane@yahoo.com

RESUMO:

A Ciência teve sua origem na racionalização fundamentada da realidade, passando por um processo contínuo de renovação epistemológica ao longo dos últimos quatro séculos, culminando na inseparável interconexão entre Ciência e Tecnologia no novo milênio. Diante desse cenário, a pesquisa em questão visa abordar a seguinte problemática: "De que maneira os movimentos de renovação epistemológica influenciaram a construção e validação do conhecimento científico ao longo de distintas eras, culminando na interconexão entre Ciência e Tecnologia no contexto contemporâneo do século XXI?". Com esse propósito, o estudo tem como objetivo investigar o impacto dos movimentos de renovação epistemológica ao longo do tempo na construção e validação do conhecimento científico, analisando, de maneira específica, a intrínseca relação entre Ciência e Tecnologia no cenário do século XXI. Configurando-se como uma pesquisa básica, com enfoque qualitativo e procedimentos bibliográficos, os resultados obtidos enfatizam a relevância do diálogo acerca da Tecnociência, termo que abarca a profunda interligação entre Ciência e Tecnologia na contemporaneidade, visando ressignificar a relação humana com a natureza e abordar os desafios propostos pela complexa rede de interações da Tecnociência.

PALAVRAS-CHAVE: Conhecimento; Revolução científica; Tecnociência.

SCIENCE AND TECHNOLOGY IN THE 21ST CENTURY: A NEW MOVEMENT OF EPISTEMOLOGICAL RENEWAL

ABSTRACT:

Science had its origin in the rationalization of reality, going through a continuous process of epistemological renewal over the past four centuries, culminating in the inseparable interconnection between Science and Technology in the new millennium. In the face of this scenario, the research in question aims to address the following problem: "How have the movements of epistemological renewal influenced the construction and validation of scientific knowledge throughout different eras, culminating in the interconnection between Science and Technology in the contemporary context of the 21st century?" With this purpose, the study aims to investigate the impact of epistemological renewal movements over time on the construction and validation of scientific knowledge, specifically analyzing the intrinsic relationship between Science and Technology in the 21st-century scenario. Configuring itself as basic research with a qualitative focus and bibliographic procedures, the results emphasize the relevance of the dialogue about Technoscience, a term that encompasses the profound interconnection between Science and Technology in contemporary times, aiming to redefine the human relationship with nature and address the challenges posed by the complex network of interactions in Technoscience.

KEYWORDS: Knowledge; Scientific revolution; Technoscience.

¹ A presente pesquisa foi realizada com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Brasil – Código de Financiamento 001.

² Doutorando(a) em Educação Para a Ciência e o Ensino de Matemática na Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá – PR, Brasil. Professor(a) da Universidade Estadual de Roraima (UERR), Boa Vista – RR, Brasil.

³ Doutor(a) em Educação Para a Ciência e o Ensino de Matemática pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Professor(a) da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Ponta Grossa – PR, Brasil.

⁴ Doutor(a) em Educação pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Unicamp – SP, Brasil, Brasil. Professor(a) da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Ponta Grossa – PR, Brasil.



1 Introdução

A construção do conhecimento humano ocorreu de maneira notável e extraordinariamente rápida. Tal avanço pode ser intrinsecamente vinculado à própria natureza da narrativa histórica da humanidade, uma vez que os eventos e relatos fornecem as bases informativas que, após serem organizadas e sistematizadas, se convertem em conhecimento. Este processo foi fortemente influenciado pelas reflexões filosóficas que tiveram início na Magna Grécia, que conferiu uma sistematização do conhecimento que antes era apenas de sentido comum: “Foi dos gregos que herdamos a ideia de ciência (*episteme* - *epistème*) como um conhecimento racionalmente fundamentado, uma teoria da realidade, em detrimento da *doxa* (*doxa* – opinião). Mas a palavra ciência é de origem latina (*scientia*), que também significa conhecimento” (Germano, 2011, p. 42). A Filosofia e a Ciência surgiram, portanto, dessa racionalização fundamentada da realidade, sendo sinônimo do próprio *conhecimento sistemático*⁵, e, por muito tempo, fazer Filosofia era fazer Ciência e vice-versa, pois não havia uma distinção clara entre esses dois tipos de conhecimentos sistemáticos.

A Filosofia, como forma de racionalização do mundo, sempre se perguntou sobre o conhecimento em si, tanto que, na era moderna, surgiu uma disciplina filosófica específica para tratar sobre o tema, a Teoria do Conhecimento. Ela se ocupou, principalmente, das nuances do conhecimento sistemático, auxiliando em uma compreensão e discussão mais precisa sobre a sua possibilidade, a sua natureza e a sua origem. Entretanto, tal abordagem ainda se vinculava a aspectos cognitivos que mantinham laços profundos com questões metafísicas, extrapolando, portanto, o plano imanente da existência (Dutra, 2008).

Com o surgimento da Ciência Moderna, que separou o conhecimento científico do conhecimento filosófico, um novo campo de estudos filosóficos foi necessário para o esclarecimento sobre esse tipo específico de conhecimento sistemático, auxiliando no processo de investigação dos fundamentos da sua estrutura e organização, assim surgiu, no final do século XIX e início do XX, a Epistemologia. Essa disciplina filosófica concentrou-se principalmente em uma análise dos enunciados linguísticos do conhecimento científico, distanciando-se assim da influência metafísica ainda existente na sua antecessora (Dutra, 2008; Rosenberg, 2009). O papel desempenhado por essa vertente da Filosofia foi crucial para uma compreensão mais apurada da Ciência na atualidade, pois ela transcendeu a mera análise da gênese do conhecimento científico, estendendo-se à reflexão sobre a sua natureza, bem como ao seu alcance e fundamentação (Rosenberg, 2009).

Compreender a natureza peculiar do conhecimento científico torna-se imperativo para situar a razão humana na contemporaneidade, bem como a cultura e o modo como ela se vincula a esse tipo de conhecimento. Tendo em vista que a Ciência não apenas permeia as outras formas de conhecimento, como assume uma posição de destaque, ocupando um dos patamares mais elevados na hierarquia sistematizada na atualidade, a epistemologia proporciona uma lente analítica sofisticada para decifrar os meandros desse tipo de conhecimento, destacando sua relevância no tecido cognitivo que molda nossa compreensão de mundo (Rosenberg, 2009).

As correntes epistemológicas que emergiram no início do século XX, principalmente o positivismo lógico do Círculo de Viena, desempenharam um papel importante nesse destaque da Ciência, possibilitando que ela fosse compreendida, por um longo período, como um conhecimento verdadeiro e universal. Entretanto, a partir da década de 1930, outras correntes surgiram e questionaram as premissas fundamentais do positivismo lógico, contribuindo para a ampliação

⁵ Utilizamos a terminologia desenvolvida por Lakatos e Marconi (2003), *conhecimento sistemático*, que designa uma forma de saber racional, compondo um conjunto de ideias ordenadas capazes de explicar logicamente o mundo. Segundo as autoras, seriam exemplos desse tipo de conhecimento: o religioso, o filosófico e o científico.

do entendimento da Ciência como um processo em aberto e contínuo. Elas destacaram, por exemplo, que o conhecimento científico é: uma construção humana (social), situada em um contexto histórico específico (temporal) e capaz de gerar respostas passíveis de revisão (absoluto) (Ariza; Harres, 2002).

Essa perspectiva humana, revisionista e, principalmente, histórica da Ciência revela, de maneira notável, alguns *movimentos de renovação epistemológica* significativos no domínio do conhecimento científico. Tais movimentos estão associados ao modo como a humanidade, em determinadas épocas, passou a conceber a Ciência, a sua forma de explicar o mundo e a sua relação com outros domínios epistêmicos.

Nesse contexto é que esta pesquisa se situa, buscando responder à seguinte questão-problema: De que maneira os movimentos de renovação epistemológica influenciaram a construção e validação do conhecimento científico ao longo de distintas eras, culminando na interconexão entre Ciência e Tecnologia no contexto contemporâneo do século XXI?

O objetivo principal desta pesquisa, portanto, é investigar o impacto dos movimentos de renovação epistemológica ao longo do tempo na construção e validação do conhecimento científico, analisando, de maneira específica, a intrínseca relação entre Ciência e Tecnologia no cenário do século XXI. Já os objetivos específicos são:

- 1) Realizar uma revisão sistemática dos movimentos de renovação epistemológica mais significativos ocorridas em diferentes épocas, identificando suas implicações na forma como o conhecimento científico foi concebido e validado;
- 2) Analisar a evolução da relação entre Ciência e Tecnologia, destacando os momentos-chave que contribuíram para a integração dessas áreas e a emergência da *Tecnociência*;
- 3) Identificar como a interdependência entre Ciência e Tecnologia, como resultado dos movimentos de renovação epistemológica, influencia a prática científica atual, considerando a dinâmica contemporânea de inseparabilidade entre ambas as áreas na produção e validação do conhecimento.

Este estudo está dividido em cinco tópicos, da seguinte forma: o primeiro consiste desta introdução sobre o tema; o segundo versará sobre uma breve contextualização dos principais movimentos de renovação epistemológica do conhecimento científico, ocorridas desde o surgimento da Ciência Moderna; o terceiro evidenciará a metodologia empregada no desenvolvimento da pesquisa; o quarto, por sua vez, revelará a intrínseca relação existente entre Ciência e Tecnologia, a ponto de se concretizar como um novo movimento de renovação epistemológica, introduzindo a noção de *Tecnociência*; já o quinto e último, a título de considerações finais, mostrará se o objetivo geral foi alcançado e o problema respondido.

2 A formação da ciência moderna e a epistemologia do século XX

Os dois principais movimentos de renovação epistemológica do conhecimento científico estão intrinsecamente conectados à evolução conceitual da Ciência em momentos específicos da trajetória histórica da humanidade. Essas transformações não apenas delinearão novas perspectivas sobre a natureza da investigação científica, mas também moldaram a compreensão cultural e filosófica subjacente a essas mudanças. Cada movimento de renovação epistemológica representou um marco crucial, não apenas na maneira como os cientistas abordavam a busca do conhecimento, mas também na forma como a sociedade em geral percebia a autoridade e o papel da Ciência. Examinar esses movimentos não apenas oferece *insights* sobre o desenvolvimento do pensamento científico, mas também lança luz sobre a complexa interação entre a Ciência, a Tecnologia, a cultura e a sociedade ao longo do tempo.

O primeiro movimento de renovação pode ser delineado no século XVII, com aquilo que ficou conhecido como Revolução Científica, marcado pela consolidação do método científico, que delimitou uma clara demarcação entre Filosofia e Ciência. Já o segundo teve lugar no século XX, caracterizado pelo advento do relativismo epistemológico e pela abordagem histórica da Ciência, transformando substancialmente a maneira como o próprio conhecimento científico era concebido. Essas mudanças não apenas separaram e redefiniram as fronteiras entre diferentes formas de conhecimento, mas também destacaram a natureza dinâmica e mutável do conhecimento científico.

2.1 A revolução científica do século XVII

Por mais de dois mil anos, a Ciência e a Filosofia estiveram entrelaçadas, iniciando com aquilo que Alexandre Koyré (1982), importante filósofo e historiador francês do início do século XX, chamou de *Invenção do Cosmos*, pelos Gregos, que estipulou a hierarquia entre o céu e a terra. Isso fez com que todo o conhecimento racional se tornasse, ao longo do tempo, uma busca pela “verdade transcendente”, principalmente porque, na Idade Média (que abrangeu quase a metade do período de sistematização do conhecimento, ou seja, quase mil anos) esse tipo de conhecimento representava a autoridade dos grandes pensadores, como Platão e Aristóteles, ou as “palavras” do próprio Deus, como a Bíblia.

A consolidação da Ciência Moderna, caracterizando a separação entre Filosofia e Ciência, se deu, segundo Koyré (1982), com a Revolução Científica do século XVII, que estabeleceu uma nova perspectiva sobre o cosmos (*Dissolução do Cosmos*) e uma matematização da natureza (*Geometrização do Espaço*). Nesse sentido, diversos pensadores dos séculos XVI e XVII foram protagonistas dessa história, entretanto, foram Galileu⁶ e Descartes⁷ que tiveram maior relevância, pois desenvolveram reflexões fundamentais sobre o movimento dos corpos, a ponto de influenciar Isaac Newton na formulação de suas leis. Além disso, o questionamento sistemático da natureza, que empreenderam, através do experimentalismo de Galileu e da radicalidade da dúvida de Descartes, foi um ponto crucial para a mudança de postura epistemológica da época: “A experimentação consiste em interrogar metodicamente a natureza. Essa interrogação pressupõe e implica uma *linguagem* na qual se formulam as perguntas, como um dicionário nos permite ler e interpretar as respostas” (Koyré, 1982, p. 154).

Esse questionamento ultrapassou o que era dado pela autoridade dos antigos filósofos, necessitando, portanto, de uma explicação do fato percebido, fomentando a desmistificação da natureza e a quebra da hierarquia entre o céu e a terra. O exemplo mais emblemático disso,

⁶ Galileu Galilei era um grande experimentalista, buscando na observação e na experimentação aquilo que pudesse fundamentar suas teorias sobre a mecânica, combatendo, principalmente, a física aristotélica, defendida pela Igreja Católica. Suas observações através do telescópio foram cruciais para o desenvolvimento de grande parte das teorias que corroboravam com o heliocentrismo de Copérnico, o que fica muito evidente nas suas cartas dirigidas à seu amigo Lodovico Cardi da Cigoli, escritas entre os anos de 1609 e 1613 (que foram habilmente traduzidas para o português e publicadas na obra *O carteggio Cigoli-Galileo: A troca de correspondência entre o artista de Florença e o físico de Pisa*, por Marcos Cesar Danhoni Neves, e organizados por Marcos Cesar Danhoni Neves, Josie Agatha Parrilha da Silva e Roberto Nardi, no ano de 2015). Entretanto, foi no *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo (Diálogos sobre os dois principais sistemas do mundo)* e nos *Discorsi e dimostrazioni matematiche, intorno à due nuove scienze (Discursos e demonstrações matemáticas acerca de duas novas Ciências)* que Galileu apresentou grande parte das suas reflexões sobre a mecânica, estabelecendo os fundamentos do movimento, no que mais tarde, com Newton, ficou conhecido como Princípio da Inércia (Koyré, 1982).

⁷ René Descartes foi um dos grandes expoentes do racionalismo moderno, se opondo ao empirismo como fonte primeira de todo o conhecimento. Mesmo com esse viés racionalista, não podemos deixar de perceber em sua obra aquilo que Koyré (1982) apontou como o principal aspecto da revolução científica, o questionamento e a matematização da natureza. Descartes questionou, de maneira incansável, o conhecimento empírico superficial (empirismo como fonte de todo o conhecimento), tanto nas suas *Meditações Metafísicas* quanto no *Discurso do Método* (Descartes, 1983), bem como comparou o corpo humano a uma máquina bem construída nas suas *Paixões da Alma* (Descartes, 1983). No entanto, foi no *Le Monde ou Traité de la Lumière (O mundo, ou Tratado da Luz)* e nos *Principia philosophiae (Princípios de Filosofia)* que Descartes, assim como Galileu, postulou suas reflexões sobre o movimento e estabeleceu os princípios da física que, posteriormente, Newton sistematizou em suas leis.

segundo Koyré (1982), foi a lei fundamental do movimento (que mais tarde se tornaria o princípio da inércia, ou a primeira Lei de Newton), que começou a se delinear com estes dois pensadores:

[...] é exato que o princípio da inércia ocupa um lugar de relevo na mecânica clássica, em contraste com a mecânica da Antigüidade [sic]. É a lei fundamental do movimento. O princípio reina implicitamente na física de Galileu, explicitamente na de Descartes e de Newton. [...] não basta simplesmente estabelecer o fato. Devemos compreendê-lo e explicá-lo, explicar porque a física *moderna* foi capaz de adotar esse princípio; compreender porque e como o princípio da inércia, que nos parece tão simples, tão claro, tão plausível e até evidente, adquiriu esse status de evidência e de verdade a priori, enquanto que, para os gregos, tanto quanto para os pensadores da Idade Média, a idéia [sic] de que um corpo, uma vez em movimento, continuasse a se mover para sempre parecia evidentemente falsa e até absurda (Koyré, 1982, p. 154).

A essência da revolução científica do século XVII, portanto, segundo Koyré (1982), iniciada por Galileu e Descartes – e que culminou, posteriormente, na Física Moderna, com o trabalho de Isaac Newton, separando definitivamente a Ciência da Filosofia –, foi a mudança de postura epistemológica diante da natureza. Isso não só desembocou em uma nova mecânica, mas também em uma nova metodologia de trabalho para o cientista. Dessa forma, os principais expoentes da revolução científica do século XVII (Galileu, Descartes e Newton) desmistificaram a natureza ao se questionarem sobre a percepção que ela lhes impunha, fosse olhando para o céu (através do telescópio) ou para a terra (observação dos fenômenos), e estabeleceram novas formas de explicação do cosmos. Isso fez com que a própria estrutura epistêmica da época se modificasse, deslocando o horizonte de conhecimento do divino, e sua hierarquia celeste, para o humano, e sua ordenação sistemática. O conhecimento, desse modo, passou a ser produzido, e não mais revelado, isto é, saiu da luz que vinha de um mundo transcendente para a emitida pelo mundo imanente. O profundo questionamento sobre a natureza, e a produção de conhecimento através dele, causou uma gigantesca mudança epistemológica, traçando novos rumos para a Ciência que começava a se delinear.

A partir do caminho traçado por Galileu e Descartes é que Newton, ao escrever sua obra *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica (Princípios Matemáticos da Filosofia Natural)*, publicada em 1687, conseguiu inovar epistemologicamente, traçando um sistema que lhe permitiu compreender melhor a mecânica da natureza, onde seria possível quantificar todos os seus aspectos, habilitando o homem a realizar previsões mais precisas sobre o movimento dos corpos, celestes ou terrestres:

É esta busca da precisão quantitativa, da descoberta de dados numéricos exatos, desses “números, pesos, medidas”, com os quais Deus construiu o mundo, que forma o objetivo e determina, assim, a própria estrutura das experiências da ciência moderna. [...] Nada revela melhor a incomparável grandeza de Newton do que sua aptidão para transcender o domínio da qualidade, para penetrar no campo da realidade física, isto é, no que é quantitativamente determinado (Koyré, 1982, p. 273).

Forma-se aí, para utilizar a terminologia de Koyré, o *espírito moderno*, ou seja, a descontinuidade epistemológica que os modernos impuseram ao pensamento de sua época, postulando uma ruptura com o período medieval, a partir do que ousamos chamar de “movimento de renovação epistemológica”, e que Koyré (1982, p. 152) chamou de revolução científica:

Por vezes, essa revolução [científica] é caracterizada e, ao mesmo tempo, explicada por uma espécie de revolta espiritual, por uma transformação completa de toda a atitude fundamental do espírito humano. A vida ativa, *vita activa*, tomando o lugar da *theoria*,

vita contemplativa, que até então tinha sido considerada como sua forma mais elevada. O homem moderno procura dominar a natureza, enquanto o homem medieval ou antigo se esforça, principalmente, por contemplá-la.

A partir da constituição da Ciência Moderna (com o surgimento da Física), empirismo e racionalismo, correntes filosóficas que defendiam posições distintas sobre a origem do conhecimento, tiveram forte influência no desenvolvimento epistemológico da Ciência (Ariza; Harres, 2002). O empirismo, amplamente desenvolvido por filósofos como Francis Bacon, John Locke e David Hume, ganhou destaque por buscar na experiência a fonte de todo o conhecimento, entretanto, o racionalismo, defendido por filósofos como René Descartes, Baruch de Espinoza e Gottfried Leibniz, mostrou a importância da razão no processo de fundamentação de todo o conhecimento. Todavia, no século XVIII, uma proposta filosófica sintetizou e reformulou ambas as correntes, postulando uma nova forma de compreender a experiência que temos com o mundo.

2.2 O criticismo kantiano como expressão da epistemologia moderna

A filosofia crítica de Immanuel Kant, delineada principalmente na sua obra *Crítica da Razão Pura*, em 1781, apresentou a experiência como fenômeno, algo que depende totalmente da estrutura transcendental da mente humana. Isto é, todo o conhecimento deriva da experiência sensível, mas a própria experiência só se apresenta ao homem pelo entendimento, a partir de conceitos anteriores à experiência (*a priori*). Assim, segundo Kant (2001), as condições que possibilitam o surgimento da experiência são prévias a ela, pois são próprias da estrutura transcendental humana (as *formas puras da sensibilidade*, que seriam intuições puras – espaço e tempo –, e as *categorias do entendimento*, responsável pela emissão de juízos, num total de doze categorias divididas em quatro grupos).

Kant (2001) estaria preocupado em compreender como seriam possíveis os juízos sintéticos *a priori*⁸, que seriam a expressão da objetividade da própria experiência, pois não estariam vinculados às preferências subjetivas do indivíduo, já que não seriam derivadas da experiência, mas constituiriam o seu próprio campo de possibilidade: “E, da mesma forma que as intuições puras tempo e espaço, as categorias não podem ser derivadas da experiência. Ao contrário, elas é que são constitutivas da própria experiência e, logo, daquele domínio denominado **natureza**, que é o campo de estudo da física” (Dutra, 2008, p. 104). Dessa forma, os juízos sintéticos *a priori* constituem os conceitos do próprio entendimento, a expressão da experiência que temos com o mundo: “E o que o entendimento faz é julgar, utilizando tais conceitos, que são, diz Kant, representações de representações, isto é, um conceito é uma representação de outro conceito ou de uma intuição sensível. Ou seja, os conceitos são predicados de juízos possíveis” (Dutra, 2008, p. 104).

Se a experiência já é o julgamento do entendimento, a natureza, como fenômeno, só se apresenta no entendimento, isto é, o objeto da experiência não pode ser percebido como ele é em si mesmo, pois só temos acesso ao que o entendimento nos possibilita compreender. Com isso, Kant separa o mundo fenomênico, próprio da experiência humana e, portanto, da Ciência, do

⁸ Os juízos analíticos são juízos explicativos, ou seja, que não ampliam o conhecimento para além do que nele é dado, já os juízos sintéticos são juízos que ampliam o conhecimento, associando dados que não estão implícitos no juízo (Kant, 2001). Podemos perceber isso através de um exemplo apresentado por Dutra (2008, p. 99): “O juízo expresso, por exemplo, em ‘**Todo corpo é extenso**’ é analítico, uma vez que apenas desdobra uma noção já dada, ou revela algo já incluso no conceito de corpo, embora isso pudesse não estar inteiramente claro. Ao contrário, o juízo expresso por ‘**Alguns corpos são pesados**’ é sintético, uma vez que associa duas noções que não estão contidas uma na outra, e aumenta nosso conhecimento de alguma coisa”. Assim, juízos analíticos são, por natureza, *a priori*, pois não necessitam da experiência para serem formulados, eles são, portanto, auto-evidentes. Já os juízos sintéticos só podem ser formulados com base na experiência, isto é, são *a posteriori* (Kant, 2001; Dutra, 2008). Nesse sentido, a proposta de Kant (2001), de juízos sintéticos *a priori*, pode parecer contraditória ou absurda, no entanto, ela se mostra como o próprio campo transcendental do entendimento, a forma como o homem consegue perceber o fenômeno.

mundo numérico, ou seja, da *coisa-em-si*, próprio da especulação metafísica. Essa separação foi importante para todo o processo epistemológico dos séculos seguintes, pois marcou uma oposição à metafísica (e ao discurso filosófico) e auxiliou na fundamentação do próprio conhecimento científico (Dutra, 2008).

Essa transformação no modo de perceber e explicar a realidade mostra a importância que a teoria do conhecimento dos séculos XVII e XVIII teve na composição da epistemologia científica, fazendo com que a separação entre Ciência e Filosofia fosse mais acentuada e o método experimental da Ciência tivesse grande respaldo na busca por um conhecimento mais seguro. Filósofos, cientistas e matemáticos dos séculos XIX e XX, como Augusto Comte, Ernst Mach, Jeremy Bentham, John Stuart Mill, Bertrand Russell e Ludwig Wittgenstein foram influenciados, direta ou indiretamente, pelas discussões desse período, consolidando uma epistemologia que, mais tarde, culminaria no positivismo lógico do Círculo de Viena. O projeto do positivismo lógico foi estabelecer uma epistemologia científica que pudesse sustentar um método padronizado, separando definitivamente o conhecimento científico do não científico.

2.3 O estabelecimento de uma epistemologia dominante para a ciência

O positivismo lógico, desenvolvido no Círculo de Viena, foi a “[...] primeira grande filosofia da ciência da época contemporânea, uma doutrina que alcançou um prestígio comparável, neste domínio, à de Kant” (Dutra, 2008, p. 128). Ou seja, esta doutrina foi capaz de fazer da Ciência não apenas um novo tipo de conhecimento, mas também uma nova forma de delimitá-lo, separando o conhecimento científico de todos os outros tipos de conhecimento e estipulando-o como o único que estaria preocupado com a “verdade objetiva” do mundo, não se limitando, portanto, apenas às Ciências Naturais: [...] o positivismo (e, em particular, o positivismo lógico) desenvolveu um modelo de racionalidade científica cunhado nas ciências naturais, o qual, ao tornar-se hegemônico, extravasou para as ciências sociais” (Santos, 1989, p. 57).

O Círculo de Viena se caracterizava como um “Grupo de filósofos e cientistas que se reuniam informalmente em Viena (1922 - 1936) à volta da figura de Moritz Schlick [...]. Com o assassinato de Moritz por um estudante universitário nazista e a ascensão do próprio partido Nazista, o círculo foi dissolvido em 1936” (Germano, 2011, p. 149)⁹. Vários nomes importantes da epistemologia contemporânea fizeram parte deste grupo, como, por exemplo, Rudolf Carnap, Otto Neurath, Hans Hann entre outros. Entretanto, foi o seu fundador, Moritz Schlick que estipulou os princípios fundamentais do movimento que ficou conhecido como positivismo lógico (ou neopositivismo) e, após a dissolução do Círculo, como empirismo lógico. Segundo Santos (1989, p. 57), essa corrente epistemológica podia ser reconhecida pelos seguintes pressupostos: “[...] pela sua ênfase na unificação da ciência, pelo modelo de explicação hipotético-dedutivo e pelo papel central da linguagem científica na construção do rigor e da universalidade do conhecimento científico”¹⁰.

O que podemos perceber no positivismo lógico, portanto, é o intuito de formulação de uma proposta universal para a Ciência, unindo, através de um método único, todos os campos do saber que poderiam ser considerados científicos e separando-os daqueles que ainda teriam um vínculo

⁹ É importante ressaltar que a epistemologia engendrada pelo Círculo de Viena, apesar de ser a mais importante, não foi a única a ser proposta como metodologia de toda a Ciência do início do século XX, outros dois grupos, o de Berlim (comandado pelo físico e filósofo Hans Reichenbach) e o de Praga (liderado pelo físico Philipp Frank), também seguiram posicionamentos epistemológicos semelhantes, mantendo, inclusive, contato com alguns dos membros do Círculo (Fitas; Rodrigues; Nunes, 2008).

¹⁰ Podemos, igualmente, definir a filiação científico-filosófica do Círculo de Viena em três principais pilares: “[...] no desenvolvimento da lógica matemática de Frege e Russell; no aparecimento da relatividade restrita, especialmente na análise do significado empírico, feita por Einstein, do conceito de simultaneidade (ou a apresentação da ‘verificação’); nas ideias de Mach, especialmente no seu empirismo” (Fitas; Rodrigues; Nunes, 2008, p. 52).

muito forte com aspectos metafísicos ou não-empíricos. Assim, um dos principais aspectos do método científico, formulado por essa doutrina, foi a verificação de enunciados e hipóteses dadas a partir da observação, conhecida por *verificacionismo*.

O processo de verificação (*verificacionismo*), desse modo, foi importante não só para o desenvolvimento do modelo hipotético-dedutivo, mas, sobretudo para a unificação da Ciência a partir de uma linguagem própria para ela. Tal processo pode ser percebido com clareza na obra de Schlick (1975, p. 83-84), onde ele aponta as bases do positivismo lógico ao mencionar que a verificação nos leva a um conhecimento seguro, capaz de justificar as proposições formuladas como hipóteses a partir da observação:

A questão que se esconde atrás do problema do fundamento absolutamente seguro do conhecimento é também o problema da justificação da satisfação que nos é proporcionada pela verificação. [...] *Definitivo* é um excelente termo para designar a validade das proposições resultantes da observação. Estas constituem um fim absoluto, nelas se cumpre a respectiva função do conhecimento.

A função da linguagem no estabelecimento do conhecimento seguro é, para Schlick (1975), um dos principais aspectos a serem desenvolvidos nesse processo, pois é através da verificação das proposições, formuladas a partir da observação, que podemos ter acesso ao sentido e à verdade dos juízos emitidos, que, no caso das proposições derivadas da observação, são sintéticos (onde o predicado acrescenta algo novo ao sujeito):

[...] só me é possível entender o sentido de uma “constatação” confrontando-a com os fatos, ou seja, se seguir aquele processo que é necessário para a verificação de qualquer enunciado sintético. [...] ao passo que em todos os demais enunciados a constatação do sentido e da verdade constituem processos separados e susceptíveis de serem bem distinguidos, esses dois processos coincidem nas proposições derivantes de observação, exatamente como acontece com os juízos analíticos. Por mais que se diferenciem, pois, as “constatações” das proposições analíticas, apresentam, todavia, um elemento comum: em ambos os casos o processo da compreensão coincide com o processo da verificação; juntamente com o sentido, apreendo a sua verdade (Schlick, 1975, p. 86).

O positivismo lógico se aproximou, dessa forma, das discussões empreendidas pela tradição kantiana, séculos antes, e da filosofia da linguagem do final do século XIX e início do século XX, que mostraram a relação da experiência objetiva com a estrutura do entendimento e da linguagem, buscando uma justificação de enunciados, e não mais de crenças, como se pensava na teoria do conhecimento anterior (Dutra, 2008)¹¹. Além disso, como dito anteriormente, também postulou uma completa separação entre o conhecimento científico e o não científico, firmando uma autoridade superior ao discurso e à linguagem da Ciência, estabelecendo, com isso, uma tradição científica capaz de validar as teorias a partir dos critérios de verificação, estipulados pelo método redefinido pela doutrina positiva:

[...] a ciência é um campo de tradição e de autoridade organizada, perante a qual só uma concepção fiduciária da verdade parece sustentável. A verdade é o que resulta do “consenso científico” obtido na comunidade científica e por isso [...] “quem quer que fale de ciência no sentido corrente e com a aprovação do costume aceita que este consenso

¹¹ É importante mencionar que a passagem da Teoria do Conhecimento para a Epistemologia, ocasionada por essa dinâmica, ficou conhecida como *virada linguística*, como nos mostra Dutra (2008, p. 40): “[...] o conhecimento pode ser também, de saída, interpretado não de forma psicológica, mas de outras maneiras. Como argumentaram os autores ligados à chamada *virada linguística* [sic], nas primeiras décadas do século XX, se tomarmos o problema do conhecimento não como aquele de justificar nossas crenças, mas, por exemplo, enunciados – que são eventos lingüísticos [sic] e públicos –, então a visão tradicional já não parece tão óbvia”. A virada linguística significou, portanto, um novo modo de compreender o problema do conhecimento, permitindo uma relação muito mais profunda entre a Filosofia da Linguagem e a Filosofia da Ciência.

organizado determine o que é ‘científico’ e o que ‘não é científico’” (Polanyi, 1962 *apud* Santos, 1989, p. 66).

Foi através dessa doutrina, segundo Sanmartí (2002) e Ariza e Harres (2002), que a concepção de método científico e também de Ciência, como a conhecemos na atualidade, começou a tomar corpo, se constituindo, na primeira metade do século XX, como um conhecimento seguro e confiável; que buscava se aproximar cada vez mais da “verdade”, acumulando conhecimento suficiente sobre o mundo objetivo, através de uma linguagem própria, capaz de lhe proporcionar o estabelecimento de padrões e previsões sobre os fenômenos:

[...] os filósofos ligados ao chamado *Círculo de Viena* promoveram a corrente conhecida como positivismo. Eles tentaram desenvolver regras lógicas consistentes que permitissem decidir que algumas afirmações teóricas são derivadas de certas afirmações observacionais. Essas regras foram sintetizadas no chamado *método científico* e considerou-se que, se aplicadas com rigor, garantiam que suas conclusões seriam inquestionáveis. [...] Era o momento ápice da ciência, que levava a considerar que tudo o que pudesse ser descrito como científico tinha a patente de verdadeiro, de indiscutível. Esse ainda é o ponto de vista majoritário de grande parte da população (Sanmartí, 2002, p. 42, tradução nossa).

Nesta visão [do positivismo lógico] concebe-se a Ciência como um processo único, verossímil do ponto de vista lógico e cuja validade é independente de contexto e que, para avaliação das teorias, adota critérios empíricos (Ariza; Harres, 2002, p. 72).

Mesmo essa nova abordagem de Ciência se impondo como uma epistemologia dominante, buscando na verificação de teorias o processo de classificação do conhecimento científico, diversos autores começaram a se opor à concepção epistemológica do positivismo lógico, postulando novas visões de Ciência, muito mais alinhadas com as preocupações sociais, tecnológicas e ambientais do século XX. Assim, “[...] nas últimas décadas, o ‘positivismo’ se transformou em nome feio que nem os positivistas gostam de usar como auto-referência” (Santos, 1989, p. 57). Autores como Karl Popper, Gaston Bachelard, Thomas Kuhn, Imre Lakatos, Paul Feyerabend, Stephen Toulmin, entre outros, empreenderam duras críticas à filosofia do *Círculo de Viena*. Toulmin (1972), por exemplo, classificou a postura filosófica e metodológica defendida pela teoria do conhecimento moderna e, principalmente, pelo neopositivismo, como um *absolutismo epistemológico*, ou seja, uma forma de pensar hegemônica, capaz de moldar o intelecto humano através de princípios universais e imutáveis.

Com o estabelecimento da Ciência, no início do século XX, como modelo para um conhecimento “seguro”, “verdadeiro” e “universal”, isto é, com a consolidação do *absolutismo epistemológico* (Toulmin, 1972), a epistemologia pós-positivista se destacou como um contraponto a essa forma de pensar, buscando compreender o papel do homem (enquanto ser dotado de vontade e impulsos), da sociedade (enquanto estrutura social e cultural da coletividade) e do ambiente (enquanto aspectos regionais e a relação do homem com o meio em que vive) no desenvolvimento do conhecimento científico.

2.4 A epistemologia pós-positivista do século XX

A construção da nova epistemologia contemporânea, baseada não mais nos princípios universais e absolutos da Ciência Moderna e do positivismo lógico, marca o que aqui consideramos ser o segundo movimento de renovação epistemológica. Um movimento de grande relevância para a consolidação da Ciência como conhecimento sistemático, depois da revolução científica do século XVII. Se o primeiro movimento de renovação epistemológica, apontado anteriormente, se

consolidou a partir da obra de Isaac Newton, fundando um novo conhecimento sistemático, o científico; o segundo movimento de renovação foi inspirado principalmente na obra de Albert Einstein, ocorrendo no interior do conhecimento científico.

Einstein, ao introduzir a revolucionária concepção de *tempo relativo*, fundamentada na ideia intrínseca de que a noção de tempo está inextricavelmente ligada à de espaço, não apenas reformulou os fundamentos da Física Moderna, mas também deslocou do centro da discussão a concepção de *tempo absoluto*, proposta por Newton. Essa transformação marcante proporcionou não apenas uma revisão fundamental nas teorias físicas, como abriu caminho para a exploração de uma epistemologia igualmente relativista, em que a relatividade do tempo não era apenas uma peculiaridade teórica, mas uma mudança profunda na compreensão da natureza da realidade (Chalmers, 1993).

A abolição da noção de *tempo absoluto*, que anteriormente era considerada como uma constante universal, independente de referências espaciais, trouxe consigo, portanto, implicações significativas para a Filosofia da Ciência. A visão de Einstein permitiu uma reconfiguração dos alicerces epistemológicos, desafiando a ideia tradicional de uma realidade objetiva e estática, incentivando a consideração de que as observações e interpretações podem ser influenciadas pelo contexto espacial e temporal em que ocorrem, questionando a objetividade absoluta do conhecimento científico.

Seguindo alguns desses princípios, por exemplo, Gaston Bachelard e Karl Popper, foram nomes que se opuseram ao positivismo lógico quando essa doutrina ainda estava em seu auge, na década de 1930 (Chalmers, 1993). Tanto Bachelard (1996) quanto Popper (1972), apesar deste último ter participado de algumas atividades do Círculo de Viena, fizeram duras críticas ao critério de demarcação entre o conhecimento científico e não científico do positivismo lógico, e apontaram que o cientista não tem acesso ao mundo real, sendo que a observação da natureza seria sempre mediada pela razão, de modo que, ao contemplá-la, o pesquisador já a observaria com a luz de uma teoria e com o auxílio de um método (Popper, 1972), uma técnica e, muitas vezes, até mesmo um equipamento, criando obstáculos epistemológicos para a compreensão da realidade (Bachelard, 1996). Isso mostra que a observação não é neutra, fazendo com que o seu julgamento e a sua formulação de hipóteses já estejam impregnados de teorizações e pré-concepções sobre a própria natureza (Chalmers, 1993; Silva; Arcanjo, 2021).

Nesse sentido, enquanto Popper (1972) desenvolveu um critério de demarcação alternativo à proposta neopositivista, postulando o falseacionismo como ponto central de seu método (Chalmers, 1993), Bachelard (1996) inaugurou a epistemologia histórica, mostrando a necessidade de se pensar o fenômeno dentro de um contexto histórico, que engloba todos os aspectos racionais e técnicos produzidos pelo homem para compreendê-lo: “[...] o trabalho do cientista com o mundo real é, em todas as suas etapas, mediado pela razão e sua ação sobre o mundo – as técnicas” (Silva; Arcanjo, 2021, p. 153). Nesse sentido, para o epistemólogo francês, diferentemente de Popper, o processo de construção do conhecimento conteria em si diversos obstáculos epistemológicos, como o próprio conhecimento comum dos fenômenos, que poderia impor dificuldades e ameaças ao trabalho científico (Bachelard, 1996).

Além de Popper e Bachelard, Thomas Kuhn foi um importante filósofo da Ciência que influenciou ainda mais o estabelecimento de uma ruptura epistemológica com o neopositivismo, desenvolvendo uma teoria capaz de mostrar que o progresso científico não é linear e totalmente cumulativo. Isso apontou para a importância da comunidade científica e dos fatos históricos no processo de construção do conhecimento científico e desenvolvimento das Ciências particulares. Dessa forma, as *revoluções científicas* de Kuhn (2013), ocasionadas pelo desenvolvimento de uma *ciência revolucionária* e a ruptura com o *paradigma* vigente, mostram que, apesar de a Ciência

possuir períodos de estabilidade paradigmática (*ciência normal*), o progresso científico é realizado através desses períodos de revolução e ruptura, ocasionadas por instabilidades (*anomalias*) formadas dentro do próprio paradigma (Kuhn, 2013; Chalmers, 1993).

A obra de Kuhn (2013) teve grande impacto na comunidade filosófica das décadas de 1960 e 1970, motivando, em Londres, no ano de 1965, a organização de uma mesa, no interior de uma das edições do *Colóquio Internacional de Filosofia da Ciência*, para debater especificamente sobre a influência de suas ideias e crítica à sua obra. As discussões empreendidas nessa mesa foram, posteriormente, sistematizadas e publicadas, em 1970, por Imre Lakatos e Alan Musgrave, na obra *Criticism and the Growth of Knowledge (A crítica e o desenvolvimento do conhecimento)*. Nessa obra, nomes importantes para a epistemologia contemporânea escreveram críticas e apontamentos sobre a *Estrutura das Revoluções Científicas*, de Kuhn, mostrando os avanços que a teoria trouxe para a superação do neopositivismo, mas também apontando falhas na sua tese e em suas argumentações, levando alguns deles a apresentar teorias alternativas¹².

Uma dessas teorias foi desenvolvida pelo próprio Lakatos (1979), que defendia, a partir do que ficou conhecido como *Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica*, uma “versão melhorada” do falsificacionismo de Popper. A sua proposta consistia em mostrar que a Ciência não progride através de revoluções, fazendo com que uma nova teoria seja totalmente incomensurável com relação à antiga, como queria Kuhn (2013), mas que ela procuraria proteger os seus fundamentos, blindando-os com um cinturão de hipóteses auxiliares (*heurística negativa*). Os programas de pesquisa estariam baseados nesse núcleo rígido, de modo a desenvolver novas suposições sobre os fenômenos apresentados (*heurística positiva*). O falseamento de hipóteses, nesse sentido, não atingiria as teorias fundamentais daquela Ciência específica, mas apenas as hipóteses que sobrevoariam o núcleo rígido (Lakatos, 1979; Chalmers, 1993).

Uma das teorias mais radicais, entretanto, que não se direcionavam apenas às *revoluções científicas* de Kuhn, mas de todas as outras epistemologias já apresentadas, foi o *anarquismo teórico* de Paul Feyerabend (2011). Essa é uma daquelas teorias que realmente colocam em xeque tudo o que sabemos a respeito de Ciência, pois ele não só aponta as fragilidades nos argumentos de seus colegas epistemólogos, como também demonstra a sua invalidez ao confrontá-los com os fatos históricos da Física. A tese de Feyerabend (2011) é que o método científico não é universal, ou seja, não há uma receita ou um modelo único para se fazer Ciência, pelo contrário, cada cientista, no decorrer de sua pesquisa, vai encontrar a sua própria maneira de compreender o mundo, seja através de outras experiências de pesquisa ou adaptando novas formas de produzir conhecimento. Com isso, ele não só mostra o irracionalismo do método, mas de todo o processo científico baseado nos princípios basilares do racionalismo. Para Feyerabend (2011), no que tange ao método na Ciência, *tudo vale*¹³, pois não é possível limitar o pensamento e a forma de investigação científica por princípios puramente racionais que não são seguidos na prática pelos cientistas em suas pesquisas. Assim, ele nos aproxima ainda mais de uma postura contextual da

¹² Poderíamos citar diversas outras teorias que se mostraram alternativas, não só à proposta de Thomas Kuhn, mas também ao positivismo lógico, entretanto, preferimos focar apenas naquelas que consideramos serem mais emblemáticas para o recorte que ora estamos desenvolvendo: Lakatos, Feyerabend e Toulmin.

¹³ O termo "tudo vale," derivado do inglês "anything goes", sugere, no contexto brasileiro, a ideia de que na pesquisa científica e na Ciência há uma permissividade abrangente, indicando a possibilidade de realizar qualquer abordagem. Esta interpretação pode ser considerada pejorativa, dependendo do contexto, em relação à intenção original de Feyerabend. Na correspondência de março de 1973 a seu amigo Imre Lakatos (Lakatos; Feyerabend, 1999), Feyerabend responde às críticas de seu colega, defendendo que "anything goes" transcende o ceticismo, pois o cético não acredita em nada, enquanto o termo sugere uma abertura para diversas perspectivas, não o tornando inconsistente, pois o posicionamento anarquista buscaria resistir e confundir o racionalista, mostrando a sua postura contraditória e auxiliando numa busca consistente de novas hipóteses. No italiano (Feyerabend, 1973), na tradução de Libero Sosio, o termo "tutto va bene", por sua vez, assume uma conotação muito mais positiva, indicando que "tudo está bem" ou "tudo é aceitável". Este sentido sugere a ausência de um princípio racional claro para distinguir entre abordagens científicas e não científicas, tornando totalmente razoável aderir a qualquer perspectiva desejada, promovendo a proliferação de hipóteses e métodos e combatendo a rígida adesão aos princípios de coerência e distinção.

Ciência, levando em consideração o cientista, a comunidade científica e a história da Ciência (Chalmers, 1993).

Para completar esse quadro ora proposto, a teoria alternativa desenvolvida por Stephen Toulmin (1972) apresenta um panorama evolucionista da Ciência, propondo o que ficou conhecido como *ecologia conceitual*. Ele não só se opôs às ideias daqueles que ele classificou de *absolutistas epistemológicos*, que conceberam uma rigidez e universalidade ao método científico, como os positivistas lógicos, por exemplo, mas também às concepções dos *relativistas epistemológicos*, que postularam uma fluidez e maleabilidade capazes de fazer com que o método científico se esfacelasse no mar de conhecimentos e procedimentos que a dinâmica científica poderia aportar, como alguns epistemólogos pós-positivistas (Kuhn, Feyerabend, etc.). Diferente de seus contemporâneos, que basearam suas ideias na teoria da relatividade de Einstein, Toulmin (1972) se inspirou no evolucionismo de Charles Darwin para compor a sua teoria. Nesse sentido, para entender a constituição e o progresso do conhecimento científico em Toulmin é necessário compreender a evolução dos conceitos dentro de uma população de outros conceitos, ou seja, a Ciência, para ele, se faz de modo gradual, trazendo mudanças conceituais parciais, podendo ser mais rápidas ou mais lentas, acerca do entendimento da realidade. Tais mudanças, entretanto, dependerão do trato que a comunidade científica dará aos conceitos dentro do sistema conceitual já constituído (Toulmin, 1972; Ariza; Harres, 2002).

O que podemos perceber nesta transformação na epistemologia contemporânea é a mudança na forma de pensar os critérios de demarcação e o progresso científico, deixando de lado um posicionamento rígido e universalista sobre o método, amplamente difundido com o neopositivismo, para uma postura mais contextualizada e fluída, se aproximando do que podemos chamar de “humanização da Ciência”, isto é, mostrando que a Ciência é desenvolvida por homens, passíveis de erros, de vontades, de técnicas específicas, etc. A Ciência, portanto, não é neutra e nem mesmo produz um conhecimento “verdadeiro”, ela constrói conhecimentos válidos, que podem ser modificados com o tempo, em determinadas situações ou contextos, exigindo, com isso, uma dinâmica capaz de traçar constantes renovações científicas.

A partir desses dois significativos movimentos de renovação epistemológica, que servem como expressões do pensamento de suas respectivas épocas, torna-se evidente que a própria epistemologia (entendida como a reflexão sobre como o conhecimento sistemático é construído) não pode ser concebida como um modelo inflexível. Pelo contrário, ela também está sujeita a uma contínua evolução e refinamento. Nesse contexto, podemos dizer que a relação entre Ciência e Tecnologia, que se iniciou com o estabelecimento da Ciência Moderna, mas se consolidou a partir da segunda metade do século XX, representou um marco crucial para um novo processo de renovação em curso, ou seja, um novo movimento de renovação epistemológica. Este movimento, por sua vez, teve como marco não mais a obra de um grande teórico, mas o surgimento das *Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação* (TDICs), que se desenvolveram amplamente no final do século XX e início do novo milênio.

3 Procedimentos metodológicos

Tendo em vista o problema de pesquisa, “De que maneira os movimentos de renovação epistemológica influenciaram a construção e validação do conhecimento científico ao longo de distintas eras, culminando na interconexão entre Ciência e Tecnologia no contexto contemporâneo do século XXI?”, estipulou-se o seguinte objetivo principal: Investigar o impacto dos movimentos de renovação epistemológica ao longo do tempo na construção e validação do conhecimento científico, analisando, de maneira específica, a intrínseca relação entre Ciência e Tecnologia no cenário do século XXI.

Nesse sentido, este estudo se delimita, metodologicamente, como uma pesquisa básica, empregando uma abordagem qualitativa e adotando objetivos exploratórios, além de se valer de procedimentos bibliográficos.

De acordo com Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa básica capacita o pesquisador a gerar conhecimentos mais amplos acerca de um determinado fenômeno, promovendo o avanço científico em sua forma mais pura. A abordagem qualitativa e a adoção de objetivos exploratórios, por sua vez, nos permitirão, segundo Gil (2002), uma abstração maior dos dados coletados, nos dispensando da necessidade de seu ordenamento estatístico, bem como a ampliação do problema de pesquisa. Já a análise bibliográfica, para Gil (2002), possibilitará uma maior interação com os materiais (livros e artigos), já elaborados por outras fontes de pesquisa, sobre a integração existente entre a Ciência e a Tecnologia na atualidade.

Depois da revisão sobre os dois principais movimentos de renovação epistemológica já empreendido até o momento, esta pesquisa busca, enquanto desdobramento do objetivo principal, desenvolver uma investigação que nos permita compreender que essa profunda interação entre Ciência e Tecnologia, principalmente depois da popularização das TDICs, é muito maior do que simplesmente uma relação ocasional, mas um fator preponderante para o surgimento de um terceiro movimento de renovação epistemológica.

4 Um movimento de renovação epistemológica para o novo milênio

A passagem do século XX para o XXI marcou não só a transição para um novo milênio, mas também evidenciou o ápice de uma transformação epistemológica em curso. O papel que a Tecnologia desempenha na sociedade atualmente é mais do que uma simples ferramenta, tornou-se um componente intrínseco e inextricável do tecido social, redefinindo fundamentalmente as dinâmicas da vida cotidiana, da produção, da comunicação, da educação etc. (Favreto *et al.*, 2022). As TDICs, principalmente a partir da sua popularização na década de 1990, transformaram o modo como o homem percebe e explica o mundo em que vive, construindo, muitas vezes, a sua própria realidade: “[...] o mundo digital já faz parte da própria constituição do homem, e as novas gerações tendem a estar cada vez mais ligadas a este novo aspecto da sociedade atual” (Favreto *et al.*, 2022, p. 17). Essa dinâmica intensifica ainda mais a interligação entre Ciência e Tecnologia, uma vez que demanda, cada vez mais, uma reconstrução epistêmica dessa relação para que a sociedade possa (re)definir suas próprias práticas culturais e sociais.

Essa fusão indissociável entre Ciência e Tecnologia, intensificada pela popularização das TDICs, gerou um fenômeno que transcende as fronteiras tradicionais entre disciplinas, desencadeando uma nova era de interdependência entre os avanços científicos e as inovações tecnológicas (Hottois, 1984; Ogiboski, 2012). Nesse cenário, a transformação epistemológica não é apenas um fenômeno pontual, mas sim, um processo contínuo, em constante reconstrução, moldando não apenas a maneira como produzimos o conhecimento, mas também como interagimos e compreendemos o mundo ao nosso redor. Explorar essa transformação implica não apenas analisar os avanços tecnológicos, mas também compreender as implicações filosóficas, éticas e sociais que acompanham esse novo paradigma epistemológico: a Tecnociência.

O termo Tecnociência, originado nos anos de 1980 a partir das contribuições de Gilbert Hottois, visa ressaltar a estreita conexão entre Ciência e Técnica/Tecnologia¹⁴. Essa concepção se alinha adequadamente com a proposta desse terceiro movimento de renovação epistemológica, que aqui procuramos pontuar, pois acompanha o avanço das TDICs nas últimas décadas. De

¹⁴ O conceito foi ampliado e popularizado por outros teóricos da Ciência e da Tecnologia, principalmente pelo sociólogo e antropólogo francês Bruno Latour, na década de 1990 e início do novo milênio.

acordo com Hottois (1984), a Tecnociência pode ser descrita pela ideia de que teoria e prática são indissociáveis, mostrando que a Tecnologia, por vezes, se sobrepõe à atividade teórica, pois fornece os mecanismos necessários para que ela seja construída. Essa perspectiva sugere uma transformação epistemológica no modo de conceber o conhecimento científico, dado o avanço notável da Técnica/Tecnologia nas últimas décadas. Dessa maneira, ao evidenciar a inseparabilidade entre Ciência e Tecnologia, percebidas como duas dimensões interdependentes, o termo Tecnociência aponta para o fato de que o conhecimento científico experimentou avanços significativos impulsionados pelos sistemas tecnológicos, que viabilizaram inúmeras de suas descobertas. A interconexão entre o conhecimento teórico e os avanços técnicos e tecnológicos, que compõem o domínio prático e operacional da Ciência, é tão intrínseca que torna extremamente desafiador dissociá-los, uma vez que há uma validação mútua entre ambas as esferas (Hottois, 1984)¹⁵.

Longe de ser uma simples dependência mútua, a Tecnociência representa uma forma singular de conhecimento, havendo, como vimos, uma coexistência indissociável entre Ciência e Tecnologia (uma vez que são mutuamente interdependentes), mas também entre elas e outros aspectos da sociedade. De acordo com Ogiboski (2012, p. 22-23):

[...] a tecnociência é um recurso de linguagem para denotar a íntima relação entre ciência e tecnologia. Porém, mais que um simples termo, representa um conceito amplamente utilizado na comunidade interdisciplinar de estudos sociais da ciência e tecnologia que buscam evidenciar a desconfiguração dos limites desse cruzamento. [...] O termo procura sublinhar os laços sociais das atividades científico/tecnológicas, mantidas e afirmadas por redes materiais não-humanas. [...] Dessa maneira, a reciprocidade entre ciência e tecnologia são evidentes, sendo impossível pensar a ciência abstraído o vasto sistema tecnológico que a torna possível, e vice-versa.

Compreender, portanto, a natureza da Ciência no século XXI demanda uma transformação epistemológica, capaz de abranger não só a sua construção histórica, como vimos, mas também os seus aspectos mais contemporâneos, que a ligam consideravelmente com as suas características sociais, políticas e, principalmente, tecnológicas. Tal transformação epistemológica, repetimos, faz parte do que aqui queremos delimitar como terceiro movimento de renovação epistemológica do conhecimento científico.

4.1 Tecnociência: relações entre ciência, tecnologia e sociedade

A relação entre Ciência e Técnica/Tecnologia não é um fenômeno dos séculos XX e XXI. Desde muito antes de a Ciência se tornar um conhecimento distinto da Filosofia, a Técnica já estava presente. E a partir do momento em que a Ciência começou a sua jornada como conhecimento sistemático distinto, ela também fez parte do processo. Um exemplo disso foi quando Galileu apontou o seu telescópio para o céu e realizou as observações da Lua, de Vênus e de outros planetas e satélites naturais do Sistema Solar. Além dos seus engenhosos experimentos, as observações através do telescópio foram fundamentais para o estabelecimento e a corroboração das suas teorias sobre o movimento, que formou uma das bases de toda a revolução científica do século XVII.

Dentro da discussão epistemológica, a Técnica/Tecnologia também fez parte do processo de compreensão da natureza dos fenômenos científicos. O caso mais emblemático é o conceito de

¹⁵ Embora Bachelard tenha explorado a interconexão entre Ciência e Técnica no início do século XX, ao introduzir o conceito de *fenomenotécnica*, a subsequente noção de Tecnociência delineou de maneira mais abrangente essa intrincada rede de relações entre a produção científica e o desenvolvimento tecnológico. Veremos as aproximações e distanciamentos entre esses dois conceitos no próximo tópico.

fenomenotécnica, de Bachelard (2006), amplamente desenvolvido ao longo da primeira metade do século XX e que ainda hoje possui grande influência dentro da fenomenologia científica. Tal conceito procura evidenciar a estreita relação da Técnica/Tecnologia na aplicação do conceito científico a partir da produção do fenômeno a ser pesquisado. O fato é que muitos fenômenos não podem ser observados de modo natural, assim, a conceitualização científica “[...] procura ocasiões para complicar o conceito, para aplicá-lo, apesar da resistência desse conceito, para realizar as condições de aplicação que a realidade não reúne” (Bachelard, 1996, p. 77). A aplicação do conceito, desse modo, só é possível mediante a utilização de instrumentos, a partir de protocolos técnicos muito específicos: “É então que se percebe que a ciência constrói seus objetos, que nunca ela os encontra prontos. [...] Um conceito torna-se científico na proporção em que se torna técnico, em que está acompanhado de uma técnica de realização” (Bachelard, 1996, p. 77). O objeto científico, portanto, só se revela a partir da aplicação do conceito no fenômeno tornado claro através da Técnica/Tecnologia envolvida no processo (Bachelard, 2006). Não há objeto da Ciência, segundo Bachelard (1996; 2006), sem que ele seja produzido tecnicamente, envolvendo, por vezes, instrumentos tecnológicos que permitam que o fenômeno possa ser pesquisado.

A relação entre Ciência e Técnica/Tecnologia apresentada por Bachelard (1996; 2006), através do conceito de *fenomenotécnica*, está, entretanto, ainda no campo da Ciência aplicada. Assim, o seu racionalismo aplicado reverte-se em Ciência aplicada, que não é Tecnologia, ainda é Ciência¹⁶. Portanto, mesmo que a Tecnologia seja utilizada para o desenvolvimento da Ciência, precisamos compreender que ela é um conhecimento que se desenvolveu separado desta. Ela não é apenas Ciência aplicada, embora, por vezes, se utilize do conhecimento científico para ampliar sua base conceitual e seu entendimento sobre o mundo, possibilitando a construção de máquinas e técnicas capazes de auxiliar o homem nas suas mais diversas atividades. Assim, a Tecnologia, como aponta Cupani (2016), ao interpretar Mario Bunge (1980), se caracteriza como a produção artificial de algo útil ao homem, ou seja, a produção do *arte-fato* (sendo *arte* a tradução latina da *tekné* - τεχνε - grega). Esse artefato não necessariamente se trata de uma máquina ou um objeto, podendo ser a modificação artificial do estado natural. Nesse sentido, a Tecnologia, enquanto Técnica (*teknê*), nos remete a um tipo de conhecimento prático, capaz de auxiliar o homem na transformação da natureza:

A pesquisa científica se limita a conhecer; a técnica emprega parte do conhecimento científico, somado a novo conhecimento para projetar artefatos e planejar linhas de ação que tenham algum valor prático para algum grupo social. Tanto a Ciência como a Técnica são feitas em laboratórios e gabinetes, mas a Técnica não será considerada como tal enquanto não sair para o campo, para a fábrica ou para a rua. Isso é, projeto técnico é um plano de ação agropecuário, fabril ou social que mobiliza trabalhadores de diversos tipos e lhes encomenda a produção, transformação ou comercialização de coisas, sejam elas artefatos inanimados (máquinas), vivos (plantas, animais, fungos ou bactérias) ou sociais. Enquanto a Ciência pode obter algum resultado útil, mesmo sem se propor a fazê-lo, a Técnica pode produzir conhecimento científico mesmo sem querer produzir. Quando

¹⁶ O conceito de *fenomenotécnica*, conforme delineado por Bachelard (1996), ao abordar a maneira como a Ciência constrói o fenômeno, busca validar o que já é postulado na teoria, distanciando-o, assim, do conceito de Tecnociência, formulado por Hottois (1984). Nesse contexto, embora os dois conceitos se entrelacem, evidenciando que a aplicação de uma teoria já represente a construção Técnica da realidade, o que fortalece a dependência entre os conhecimentos científicos e técnicos/tecnológicos no intuito de moldar os elementos da realidade (Bachelard, 1996; Hottois, 1984), ainda persiste, no conceito de *fenomenotécnica*, o elemento puramente racional da teoria científica sobre o aparo técnico/tecnológico (Latour; Woogiar, 1997). Nesse sentido, apesar de Bachelard (1996) e Hottois (1984) estarem se referindo à intrínseca interdependência existente entre Ciência e Técnica/Tecnologia, o que indicaria que não há produção de conhecimento científico sem a abordagem do fenômeno de uma maneira Técnica, o racionalismo aplicado de Bachelard (1996) ainda persiste como campo paradigmático da própria operação técnica/tecnológica. Em outras palavras, conforme Latour e Woogiar (1997), o distanciamento entre *fenomenotécnica* e Tecnociência reside no fato de que o termo bachelardiano ainda possui como preâmbulo o racionalismo aplicado do conhecimento científico para, só então, se chegar ao aspecto prático dos aparatos técnicos/tecnológicos, enquanto que o conceito de Tecnociência está fortemente alinhado à compreensão dos interesses que vão além do racionalismo científico, como o contexto sociológico, político e cultural, por exemplo.

consideramos um ciclo científico ou técnico integral, não há possibilidade de confundi-las, já que num caso o produto final é o conhecimento e no outro é um artefato ou um plano de ação que promete resultados de valor prático para alguém (Bunge, 1980, p. 32).

Fica evidente que Bunge (1980), nessa citação, quer mostrar que essa confusão entre Ciência e Técnica/Tecnologia se trata da formulação do conceito de Tecnociência, havendo, portanto, uma clara distinção entre ambos os tipos de conhecimento. Para ele, enquanto a Ciência está preocupada com o conhecimento em si, a aplicação de conceitos e a revisão de hipóteses, a Técnica/Tecnologia está interessada no desenvolvimento do artefato, utilizando-se do conhecimento científico e de outras formas de saber. Bunge (1980, p. 26-27) vai mais além ao distinguir, através de um exemplo, Ciência básica, Ciência aplicada, Técnica e indústria:

[...] um físico que estuda as interações entre a luz e os elétrons, especialmente o efeito fotoelétrico, princípio da célula fotoelétrica (ou fotovoltaica). Esta pessoa faz ciência básica, seja teórica ou experimental, porque se propõe unicamente a enriquecer o conhecimento humano sobre as interações entre a luz e a matéria. Em um laboratório contíguo outro físico estuda a atividade fotoelétrica de certas substâncias particularmente sensíveis, com a finalidade de compreender melhor como funcionam as células fotoelétricas, o que, por sua vez, poderá servir para a fabricação de dispositivos fotoelétricos mais eficientes. Este pesquisador faz ciência aplicada (teórica ou experimental) porque aplica conhecimentos obtidos em pesquisas básicas. É claro que ele não se limita só a aplicar conhecimentos já existentes: longe disso, busca novos conhecimentos, porém mais específicos, já que não se referem à interação e à matéria em geral, e sim, entre a luz de certas cores e a matéria de determinados tipos. [...] Passemos agora dos laboratórios científicos para os industriais. [...] se os visitamos como turistas despreocupados não notaremos grande diferença: em ambos veremos pessoas protegidas por aventais brancos movimentando-se em torno de aparelhos controlados por instrumentos, ou discutindo entre si diante de quadros cheios de fórmulas ou diagramas, ou estudando artigos recentemente publicados. Contudo, a diferença é fundamental: o laboratório industrial não produz conhecimento, e sim técnica. Por exemplo, tomemos, também ao acaso, um pesquisador que estuda células fotoelétricas com o intuito não só de saber como funcionam, mas também para projetar uma bateria de células fotovoltaicas, montada sobre um satélite artificial que se mantenha sobre uma cidade, para abastecer-la de energia elétrica. Esta pessoa não é um cientista e sim um engenheiro (de alto nível, naturalmente) e, como tal, sua visão está voltada para os artefatos úteis. Para ele, a ciência não é um fim e sim um meio. [...] Finalmente, passemos do laboratório [...] a uma fábrica que produz, em escala comercial, as baterias de células fotovoltaicas desenhadas por nosso engenheiro [...]. A finalidade desta atividade é diferente daquela do cientista e do engenheiro: agora se trata de obter lucros, seja para os acionistas da empresa, seja para a sociedade. Nem ao menos o artefato, que era o objetivo de engenheiro [...] é agora um objetivo; se sua comercialização não for proveitosa, os diretores da empresa ordenarão a seus técnicos que desenhem outro tipo de artefato.

Embora Bunge (1980) não esteja convencido de que Tecnociência seja o conceito que melhor explique essa troca e interconexão existente entre esses polos, o que se evidencia na sua obra, de modo contundente, é a existência de uma rede, que interliga a Ciência, a Técnica/Tecnologia, a indústria, o mercado, a sociedade, etc. E é essa intrincada rede, onde cada ponto é singular, mas mantém comunicação constante e intercâmbio com os demais, que sustenta toda a cadeia de conhecimentos produzidos e desenvolvidos por cada elemento da rede como um todo. Nesse sentido, o que queremos mostrar aqui é que essa rede, que Bunge (1980) insiste em considerar seus elementos de modo totalmente distintos, é aquilo que identificamos como Tecnociência, dando forma à própria cultura geral da sociedade em que vivemos.

O conceito de Tecnociência, portanto, é recente, buscando designar essa relação entre diversos elementos, principalmente entre a Ciência e a Tecnologia. Essa relação se iniciou com a própria constituição da Ciência Moderna, se ampliou na segunda metade do século XX, depois das duas grandes guerras e da guerra fria, mas foi enormemente impulsionada a partir da popularização das TDICs, no final do século XX e início do novo milênio. Para defender nosso posicionamento sobre o termo, podemos citar o trabalho de Javier Echeverría (2003, p. 21, tradução nossa), que diz que:

A tecnociência [...] não só modifica a ciência: transforma também a atividade tecnológica, industrial e militar, graças ao desenvolvimento de um sistema nacional de ciência e tecnologia que transcende os limites das comunidades científicas e gera empresas tecnocientíficas, sobrepostas às comunidades científicas pré-existentes.

Percebe-se que Echeverría (2003), portanto, concebe a Tecnociência não apenas como uma interrelação entre Ciência básica, Ciência aplicada e indústria, e sim, uma integração entre a Ciência em geral (básica e aplicada), a Técnica (a operacionalização do conhecimento técnico e tecnológico), a indústria, o mercado e a sociedade, formulada por uma política (nacional e até mesmo internacional) de Ciência e Tecnologia (C&T). Dessa forma, essa concepção, apesar de defender que a Ciência atual não pode ser separada da Tecnologia, formando o conceito de Tecnociência, se mostra próximo da descrição de Bunge (1980) sobre a distinção entre Ciência pura, Ciência aplicada, Técnica e indústria.

Latour (2000), por sua vez, corrobora, em certo sentido, com o posicionamento de Echeverría (2003), à medida em que procura mostrar o caminho que a Tecnociência percorre para consolidar-se como poder hegemônico. Segundo ele, a Tecnociência é como uma luta por convencimento, necessitando, cada vez mais, do discurso e da retórica, indo além da produção de artigos científicos e do trabalho em laboratório: “[...] é preciso garantir primeiro a posse de muitos baluartes para que a retórica mais forte da ciência adquira toda a força de uma vez por todas” (Latour, 2000, p. 170). Nesse sentido, não podemos ignorar as relações estabelecidas entre as forças científicas, tecnológicas, políticas, sociais, etc., que vão além do laboratório, mas que são capazes de defender um determinado posicionamento tecnocientífico, pois “[...] o destino de uma afirmação depende do comportamento dos outros. Você pode ter escrito um artigo definitivo [...], mas esse artigo não será definitivo se outras pessoas não o tomarem e usarem como fato, mais tarde. Você precisa delas para que seu artigo seja decisivo.” (Latour, 2000, p. 170). Assim, a Tecnociência, como uma rede de relações entre diversas áreas, tendo a Ciência e a Tecnologia como base, busca produzir, acima de tudo, um discurso capaz de convencer a sociedade sobre a importância de sua pesquisa, de sua produção e, portanto, de seu financiamento.

Considerando, assim, que a Ciência não opera mais de forma isolada, colaborando com uma extensa rede de singularidades que também a sustenta, é imperativo que a epistemologia contemporânea não se prive desse debate, relegando-o a uma discussão secundária ou menor, como se a rede de relações que a compõe, principalmente a Técnica/Tecnologia, não fizesse parte das próprias descobertas científicas.

Um exemplo emblemático contemporâneo de como a Tecnociência vêm se mostrando como um novo movimento de renovação epistemológica é a significativa influência exercida pelo Telescópio Espacial James Webb (JWST, sigla que deriva do inglês: *James Webb Space Telescope*) sobre as fundações do paradigma vigente na Cosmologia, especialmente no que tange à teoria do

Big Bang. Este produto da Tecnociência demonstra a capacidade de desafiar os fundamentos da atual Ciência Cosmológica.¹⁷

Tomar essa discussão da Tecnociência como ponto central de toda a reflexão epistemológica atual permitirá não só uma análise crítica dos elementos isolados e do conjunto dessa rede, mas também possibilita que a sociedade compreenda os mecanismos e instrumentos envolvidos no processo de desenvolvimento tecnocientífico como um todo, evidenciando o seu caráter histórico, temporal e relativo, mostrando que esse tipo de conhecimento não é, e nunca foi, neutro e absoluto. A epistemologia do século XXI, portanto, não deve apenas contemplar os desafios impostos pelos movimentos de renovação epistemológica ao longo da história, principalmente do século XX, mas também encarar com seriedade este processo de renovação pelo qual está passando na atualidade, onde se percebe uma maior interação da Ciência com as outras forças que agem sobre o mundo, lhe possibilitando um desenvolvimento nunca antes visto, mas que não é, de forma alguma, autocrítico, aberto e disposto ao debate coletivo.

4.2 A necessidade de um amplo debate sobre tecnociência

Diante do contexto apresentado até o momento e considerando o conceito abordado de Tecnociência, segundo o filósofo italiano Umberto Galimberti (2015), em seu artigo *O Ser Humano na Era da Técnica*¹⁸, a Técnica¹⁹ se tornou a protagonista da história, levantando questões cruciais sobre a transformação na relação entre o ser humano, a Ciência e a Tecnologia. Para ele, a Técnica (Tecnociência) desafia as concepções tradicionais de humanismo e natureza, evidenciando a complexidade das interações entre os saberes, o ser humano e o ambiente na sociedade contemporânea.

A Tecnociência, ao emergir como o verdadeiro protagonista da história, relega ao ser humano um papel de executor, desempenhando, portanto, tarefas determinadas pelas suas ferramentas (artefatos). Isso implica em uma transformação significativa nas relações humanas, confrontando com as categorias humanísticas convencionais, tornando-as inadequadas para interpretar a era inaugurada por ela (o que nesta pesquisa chamamos de terceiro movimento de renovação epistemológica). Assim, compreender esse processo de transformação é crucial para a avaliação crítica dos potenciais impactos que a Tecnociência pode desencadear sobre a humanidade. Em diferentes épocas, por exemplo, observamos como os avanços tecnocientíficos foram utilizados para o desenvolvimento da sociedade, mas, simultaneamente, é imperativo atentar para a possibilidade de que, em determinados contextos, esses mesmos avanços possam representar ameaças significativas para a humanidade. A história evidencia que, se mal conduzida, ou aplicada sem consideração ética, a Tecnociência tem o potencial de criar mecanismos que ameaçam a própria existência da espécie humana:

¹⁷ O JWST está contribuindo com dados que evidenciam uma notável discrepância entre as concepções prévias dos cientistas sobre a velocidade de formação das galáxias e as imagens de seis galáxias capturadas pelo telescópio. A análise da luz emitida por essas galáxias sugere que elas existiam entre 540 e 770 milhões de anos após o Big Bang, uma fase em que o Universo era consideravelmente jovem, e as galáxias ainda estariam em processo de formação, caracterizando-se por uma baixa densidade. Contudo, as observações do JWST revelaram galáxias completamente formadas, exibindo densidades comparáveis ou superiores à da Via Láctea. Esta discrepância, por sua vez, contraria as previsões estabelecidas pela Cosmologia, desafiando seus fundamentos científicos e demandando investigação adicional. Para mais informações, conferir: Coelho (2022).

¹⁸ Texto que aborda, de forma resumida, o que foi discutido na obra *Psiche e techne: L'uomo nell'età della tecnica (Psiche e Techne: O ser humano na idade da técnica)*. Nessa obra, Galimberti (2003) explora a metamorfose do ser humano na era da Técnica (Tecnociência), enfatizando a profunda influência que esse fenômeno teve em seu cotidiano.

¹⁹ Tomamos aqui o conceito de Técnica, em Galimberti (2015), como sinônimo de Tecnociência, já que, para ele, a Ciência não apenas contempla o mundo, mas também busca manipulá-lo e transformá-lo, o que implica uma intenção Técnica inerente à sua atividade: “Quando se fala de *ciência* não se deve pensar em alguma coisa ‘pura’ em relação a qual a *técnica* constitui apenas uma aplicação, boa ou ruim, segundo o uso que se faz. Esta compreensão está baseada na falsa convicção de que a técnica não passa de uma simples *aplicação* da ciência, quando na verdade ela é *essência* da ciência. Não porque sem a técnica não seria possível nenhuma pesquisa científica, mas porque a ciência não olha o mundo para contemplá-lo, mas para manipulá-lo, transformá-lo. O olhar científico possui logo intenção técnica que o configura, qualifica e direciona para a manipulabilidade” (Galimberti, 2015, p. 7).

A tecnociência não tem outra finalidade que não a sua máxima autotransformação. Prova disso é o contínuo financiamento de pesquisas sobre energia nuclear. No mundo de hoje, as potências nucleares têm capacidade de destruir dez mil vezes a terra, mas isso não interrompeu a pesquisa sobre o aperfeiçoamento da bomba atômica. Estamos beirando o absurdo. E é precisamente o absurdo que nos faz ver a principal característica do aparato técnico-científico, cuja única finalidade é a autotransformação. [...] Não há nenhum poder controlador da ciência, porque não há poder à altura da competência científica” (Galimberti, 2015, p. 13-14).

Se ainda não há controle sobre o poder da Tecnociência, é premente a necessidade de um amplo debate, propiciando uma reflexão crítica e uma ressignificação a esse fenômeno complexo, além de possibilitar a construção de políticas que sirvam como “freios e contrapesos” a esse poder ainda incontrolável. Nesse contexto, é imperativo que a sociedade, em conjunto com especialistas, promova uma discussão robusta e inclusiva sobre os impactos, a ética e os direcionamentos da Tecnociência. Este debate não deve se limitar apenas aos círculos acadêmicos, mas deve estender-se à esfera pública, incorporando perspectivas diversas e representativas da sociedade. A compreensão crítica da Tecnociência é crucial para evitar possíveis implicações não desejadas, garantir a responsabilidade ética na pesquisa, além de permitir que a sociedade exerça um papel ativo na formulação de políticas e na ressignificação desse fenômeno em consonância com os seus valores e necessidades. Portanto, a promoção de um diálogo aberto é essencial para construir uma base sólida de entendimento e participação informada na era contemporânea, possibilitando não só a ressignificação da relação homem/Tecnociência, mas também maneiras de lidar com os seus desafios (Galimberti, 2015).

A Tecnociência, ao acelerar o tempo, reduzir o espaço, atenuar o sofrimento e enfraquecer as normas morais, suscitou a indagação sobre a adequação do homem à era tecnológica. Portanto, ela não busca conferir sentido ou finalidade ao mundo, mas apenas produzir conhecimento, aparatos e ferramentas que sirvam para a retroalimentação da sua própria existência (Galimberti, 2003). Isso demanda uma reavaliação de conceitos tradicionais, que ainda estão ancorados na era pré-tecnológica, que possam servir como propulsores de todo o aparato epistemológico de reflexão crítica sobre a Tecnociência, tais como, os conceitos de: indivíduo, verdade, liberdade, ética, política, religião, história e humanidade. Galimberti (2003), desse modo, busca mostrar a transformação sofrida pelo ser humano na era da Tecnociência, examinando de que maneira a presença ubíqua e a influência desta moldam não apenas nossas práticas diárias, mas também nossas percepções, valores e concepções de mundo.

Em uma abordagem distinta de Galimberti, mas compartilhando do mesmo propósito, Latour (2000) defende a necessidade de “seguir os cientistas”²⁰, tanto os de dentro como os de fora dos laboratórios, a fim de compreender como a Tecnociência se desenvolve e como pode contribuir para o progresso da humanidade, e não o contrário. Nessa perspectiva, a compreensão dos mecanismos internos e externos da Tecnociência torna-se crucial para o desenvolvimento de uma epistemologia que não apenas capacite o não-cientista a compreender o atual universo científico, mas também o direcione criticamente ao caminho da Ciência e da Tecnologia, participando, de forma colaborativa, nas discussões sobre a prática tecnocientífica. A educação, portanto, emerge como um dos meios mais eficazes para permitir que o não-cientista possa “seguir os cientistas”, fomentando o diálogo entre os diversos elementos da complexa rede que constitui a Tecnociência.

²⁰ No sentido explorado por Latour (2000), “seguir” seria acompanhar, como uma sombra, os passos daqueles que operam a Tecnociência, sejam eles os cientistas que desenvolvem conhecimentos e artefatos dentro dos laboratórios, ou aqueles que buscam os apoios necessários para tal desenvolvimento, que estariam, portanto, fora dos laboratórios, desde os especialistas que buscam os recursos necessários para o financiamento das pesquisas, como aqueles que exploram as inovações desenvolvidas por elas, possibilitando a retroalimentação de toda a rede.

As considerações de Galimberti (2003; 2015) e Latour (2000) desempenham, portanto, um papel crucial no cultivo de uma epistemologia autocrítica, capaz de reconhecer a Tecnociência como um terceiro movimento de renovação epistemológica. Este enfoque abre a possibilidade de uma reflexão mais precisa, crítica e coletiva sobre as implicações da integração entre Ciência, Tecnologia, indústria e sociedade.

5 Considerações finais

Os movimentos de renovação epistemológica ao longo dos últimos quatro séculos fomentaram uma transformação do conhecimento sistemático. Desde a consolidação do método científico até a constituição da Tecnociência, a Epistemologia, enquanto disciplina filosófica, vem se configurando como um importante meio de análise e discussão sobre a natureza e a metodologia da Ciência. A reflexão epistemológica desenvolvida nesta pesquisa se mostra de suma importância para a compreensão da Tecnociência como um novo movimento de renovação epistemológica, modificando o modo como o conhecimento científico é produzido e validado, bem como a forma como ele interage com outros saberes.

Partindo da questão-problema: “De que maneira os movimentos de renovação epistemológica influenciaram a construção e validação do conhecimento científico ao longo de distintas eras, culminando na interconexão entre Ciência e Tecnologia no contexto contemporâneo do século XXI?”, esta pesquisa procurou investigar o impacto dos movimentos de renovação epistemológica ao longo do tempo na construção e validação do conhecimento científico, analisando, de maneira específica, a intrínseca relação entre Ciência e Tecnologia no cenário do século XXI.

Consideramos que esta pesquisa teve o seu objetivo alcançado e a sua questão-problema respondida pelos seguintes motivos:

- 1) A literatura pesquisada evidenciou a construção do conhecimento científico nos últimos quatro séculos, mostrando como se deu a sua construção e validação. Isso nos permitiu distinguir e pontuar dois principais movimentos de renovação epistemológica responsáveis pela transformação na concepção de Ciência, portanto, na sua construção e validação ao longo do tempo, a saber: a) o surgimento da Ciência Moderna; e b) a constituição da epistemologia pós-positivista do século XX;
- 2) A análise da relação entre Ciência e Tecnologia, ocorrida nesse processo de consolidação da Ciência, mas acentuada no século XX, principalmente com o surgimento das *Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação* (TDICs), nos permitiu delinear um terceiro movimento de renovação epistemológica, que aqui identificamos com o conceito de Tecnociência.

Indo além do que foi proposto no objetivo geral, a literatura sobre Tecnociência nos fez compreender a necessidade de um amplo debate sobre esse novo movimento de renovação epistemológica, tendo em vista que ao explorar a transformação do ser humano na era da Tecnociência, é premente a importância da educação e do debate democrático como catalisadores de um processo de mudança no seio da sociedade. Assim, a capacidade de questionar, compreender e direcionar os rumos da Tecnociência através desses meios torna-se um elemento vital para forjar um caminho sustentável e ético no desenvolvimento da humanidade, promovendo não apenas avanços inovadores, mas também uma sociedade informada, participativa e consciente de seu papel na construção do futuro.

Referências

- ARIZA, R.P.; HARRES, J.B.S. A epistemologia evolucionista de Stephen Toulmin e o ensino de ciência. *Cad. Bras. Ens. Fís.*, v. 19, n. Especial: 70 p. 70-83, jun. 2002.
- BACHELARD, G. *A formação do espírito científico*: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Tradução de Estela dos S. Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BACHELARD, G. *Epistemologia*. Tradução de Fátima L. Godinho e Mário C. Oliveira. Lisboa: Edições 70, 2006.
- BUNGE, M. *Ciência e desenvolvimento*. Tradução de Cláudia Regis Junqueira. Belo Horizonte: Ed. Itatiaia; São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1980.
- CHALMERS, A.F. *O que é Ciência afinal?* Trad Raul Filker. São Paulo: Brasiliense, 1993.
- COELHO, J.G. O Telescópio Espacial James Webb: Uma nova era na astronomia. *Cadernos de Astronomia*, Vitória, v. 3, n. 2, p. 112-121, 2022.
- CUPANI, A. *Filosofia da tecnologia: um convite*. 3. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2016.
- DESCARTES, R. *Discurso do método; Meditações; Objeções e respostas; As paixões da alma; Cartas*. 3. ed. Tradução de Jacob Guinsburg e Bento Prado Jr. São Paulo: Abril Cultural, 1983. (Os Pensadores).
- DUTRA, L.H. de A. *Teoria do conhecimento*. Florianópolis: EdUFSC, 2008.
- ECHEVERRÍA, J. *La revolución tecnocientífica*. Madrid: Fondo de Cultura Económica, 2003.
- FAVRETO, E.K.; FRANCO, A.E. dos R.; JESUS, G.M.C. de; DEOSTI, L.; BATISTA, M.C. O letramento digital como processo de ensino e aprendizagem em uma nova configuração social. *Revista Ambiente: Gestão e Desenvolvimento, Boa Vista (RR)*, v. 15, n. 1, 2022.
- FEYERABEND, P.K. *Contra o método*. Tradução de Cezar Augusto Mortari. 2. ed. São Paulo: Editora da Unesp, 2011.
- FEYERABEND, P.K. *Contro il Metodo*. Traduzione di Libero Sosio. Milano: Lampugnani Nigri Editore, 1973.
- FITAS, A.J.; RODRIGUES, M.A.E.; NUNES, M.F. *Filosofia e História da Ciência em Portugal no século XX*. Lisboa: Caleidoscópio, 2008.
- GALIMBERTI, U. O Ser Humano na Era da Técnica. Tradução de Sandra Dall'Onder. *Cadernos IHU ideias*. São Leopoldo (RS), v. 13, n. 218, 2015.
- GALIMBERTI, U. *Psiche e techne: L'uomo nell'età della tecnica*. 2.ed. Roma: Feltrinelli, 2003.
- GERMANO, M.G. *Uma nova ciência para um novo senso comum*. Campina Grande, PB: EDUEPB, 2011.
- GIL, A.C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- HOTTOIS, G. *Le signe et la technique: La philosophie à l'épreuve de la technique*. Paris: Aubier/Montaigne, 1984.
- KANT, I. *Crítica da Razão Pura*. 5. ed. Tradução de Manuela Pinto dos Santos e Alexandre Fradique Morujão. Lisboa, Portugal: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001.
- KOYRÉ, A. *Estudos de história do pensamento científico*. Tradução e revisão técnica de Márcio Ramalho. Rio de Janeiro: Ed. Forense Universitária; Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 1982. (Coleção Campo Teórico).
- KUHN, T.S. *A estrutura das revoluções científicas*. Tradução de Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. 12. ed. São Paulo: Perspectiva, 2013.
- LAKATOS, E.M.; MARCONI, M. de A. *Fundamentos de metodologia científica*. 5. ed. São Paulo: Atlas 2003.
- LAKATOS, I. O falseamento e a metodologia dos programas de pesquisa científica. In: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, Alan (Orgs.). *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento: Quarto*

- volume das atas do Colóquio Internacional sobre Filosofia da Ciência, realizado em Londres em 1965. Tradução de Octavio Mendes Cajado. São Paulo: Cultrix/EDUSP, 1979.
- LAKATOS, I.; FEYERABEND, P.K. *For and Against Method*. Chigago: The Chicago University Press, 1999.
- LATOURE, B. *Ciência em ação: Como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora*. Tradução de Ivone C. Benedetti. São Paulo: Editora UNESP, 2000.
- LATOURE, B.; WOOIGAR, S. *A vida de laboratório: A produção dos fatos científicos*. Tradução de Ângela Ramalho Vianna. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997.
- NEVES, M.C.D.; SILVA, J.A.P. da; NARDI, R. (Orgs.). *O Carteggio Cigoli-Galileo: A troca de correspondência entre o artista de Florença e o físico de Pisa*. Tradução de Marcos Cesar Danhoni Neves. Maringá: Eduem, 2015. (Coleção documentos e história).
- OGIBOSKI, V. *Reflexões sobre a tecnociência: Uma análise crítica da sociedade tecnologicamente potencializada*. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Sociedade) - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos: UFSCar, 2012.
- POPPER, K.R. *A lógica da pesquisa científica*. Tradução de Leonidas Hegenberg e Octanny Silveira da Mota. São Paulo: Cultrix, 1972.
- PRODANOV, C.C.; FREITAS, E.C. de. *Metodologia do trabalho científico: Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico*. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.
- ROSENBERG, A. *Introdução à filosofia da ciência*. Trad. Alessandra S. Fernandes e Rogério Bettoni. São Paulo: Edições Loyola, 2009.
- SANMARTÍ, N. *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madri: Editorial Síntesis, 2002.
- SANTOS, B. de S. *Introdução a uma Ciência Pós-Moderna*. 6. ed. Porto: Afrontamento, 1989.
- SCHLICK, M. O fundamento do conhecimento. In: SCHLICK, M.; CARNAP, R.; POPPER, K.R. *Coletânea de Textos*. Seleção de Pablo Rubén Mariconda. São Paulo: Abril Cultural, 1975. (Coleção os Pensadores).
- SILVA, E.P.; ARCANJO, F.G. História da ciência, epistemologia e dialética. *Trans/Form/Ação*, Marília, v. 44, n. 2, p. 149-174, Abr./Jun., 2021.
- TOULMIN, S. *La comprensión humana*. Vol. I: El uso colectivo y la evolución de los conceptos. Tradução de Néstor Míguez. Madrid: Alianza Editorial, 1972.

Contribuição dos(as) autores(as) / Author's Contributions: Elemar Kleber Favreto, Josie Agatha Parrilha da Silva e Marcos Cesar Danhoni Neve participaram da pesquisa, discussão e redação do artigo. Ambos(as) aceitaram e aprovaram a versão final do texto.

Autor(a) para correspondência / Corresponding author: Elemar Kleber Favreto. elemarfavreto@gmail.com