

Meio Material: Um paradigma Mecanicista

Francisco de Assis Lima de Sousa Junior

Resumo

A visão de um mundo funcionando como uma máquina com alavancas e engrenagens, conhecido como paradigma mecanicista, pressupõe a necessidade de um meio material para que as forças e os movimentos sejam executados e transmitidos. Por conta disso, diversas teorias passaram a sugerir a existência de materiais, como por exemplo o Flogisto, o Calórico e o Éter. Este trabalho teve como objetivo compreender por que as teorias necessitavam da introdução de meios materiais para se tornarem inteligíveis e até que ponto a insistência em certa visão de mundo é benéfica. Para isso, foi realizado um balanço histórico, com base nas ideias do filósofo da ciência Thomas Kuhn, discutindo algumas teorias mecanicistas até a ruptura deste paradigma.

Palavras-chave: História da Ciência; Teoria de Kuhn; Mecanicismo.

Abstract

The vision of a world functioning as a machine with levers and gears, known as a mechanistic paradigm, presupposes the need for a material means, so that forces and movements are executed and transmitted. Because of this, several theories started to suggest the existence of materials, such as Phlogiston, Caloric and Ether. This work aimed to understand why the theories needed the introduction of material means to become intelligible and to what extent the insistence on a certain worldview is beneficial. For this, a historical balance was made, based on the ideas of the philosopher of science Thomas Kuhn, discussing some mechanistic theories until the rupture of this paradigm.

Keywords: History of Science; Kuhn's Theory; Mechanicism.

INTRODUÇÃO

A ciência tem evoluído ao longo da história por meio de teorias que descrevem o comportamento da natureza segundo a interpretação que o homem faz dela. Ou seja, podemos considerar que a ciência é a construção de um mundo imaginado pelos cientistas¹. Neste sentido, a metafísica e a religião tiveram grande influência no pensamento humano, contribuindo significativamente para construção da ciência.

O estudo sistemático da natureza tem início com os gregos na Antiguidade, dentre os quais podemos destacar Platão e Aristóteles. Estes, apesar de buscarem a verdade última das coisas, sejam por meio das ideias ou pela experiência sensível, recorriam sempre ao argumento da vontade divina para explicar certos fenômenos considerados ocultos. Tanto Platão como Aristóteles separavam os fenômenos celestes dos terrestres. O céu era considerado a morada dos deuses e os movimentos dos astros e planetas eram regidos pela vontade divina caracterizando-se pela harmonia, perfeição, beleza e eternidade. Com

¹ Luiz P. Rosa. *Tecnociências e humanidades: Novos Paradigmas, Velhas Questões*. (São Paulo: Paz e Terra, 2005), 13-45.

relação à física terrestre Platão procurava explicar os fenômenos por razões éticas ou estéticas, acreditava que todas as coisas tinham uma razão para existir e associava os quatro elementos fundamentais a poliedros regulares por causa da sua simetria².

Enquanto isso Aristóteles defendia, por exemplo, a existência de um lugar natural para onde os corpos se dirigiam, os pesados (graves) se moviam naturalmente para o centro do universo (Terra) enquanto os leves se afastavam na direção do céu. Quando isso não ocorria, o movimento era considerado por ele um “acidente” (violento) sendo causado por uma entidade da qual chamou de movente.

Podemos perceber então, tendo como exemplo esses dois grandes filósofos, que tanto a religião quanto a metafísica estavam fortemente presentes nas teorias científicas antigas. A ausência de um método sistematizado de observação da natureza e dos fenômenos causados por ela pode explicar essa forte influência religiosa e metafísica sobre a Ciência primitiva. Alguns pensadores criaram esses métodos sistematizados com destaque para Francis Bacon (1561-1626), que catalogava uma infinidade de características para os fenômenos e por exclusão ia montando a sua cadeia causal para explicá-los. Porém, relatos históricos apontam para o italiano Galileu Galilei (1564-1642) como o criador do método científico moderno, matematizado e experimental, que serviu de base especialmente para a Física até os dias atuais³.

O aristotelismo (Física segundo Aristóteles) foi incorporado à escolástica medieval tornando-se a filosofia oficial da igreja católica, que era a instituição dominante daquela época. Com isso, todos os cientistas estavam submetidos a este paradigma que fora rompido pela Revolução Científica do século XVII tendo como precursora a Revolução Copernicana e o seu heliocentrismo. Galileu, ao enfrentar a igreja com o seu empirismo experimental e a suposta criação do método científico, inspirou vários físicos como Descartes (1596-1650), Newton (1643-1727) e Leibniz (1646-1716) a formularem teorias com base em uma nova visão de mundo. Assim, a Física ia aos poucos se libertando da opressão da igreja, apesar de ainda encontrarmos nesses físicos muitas concepções religiosas utilizadas em suas teorias.

Descartes, considerado por muitos pesquisadores como o maior dos mecanicistas, apesar de pregar um conhecimento construído pela razão, defendia um universo tal qual um relógio em que Deus seria o “grande relojoeiro” a colocá-lo para funcionar e logo depois descansaria eternamente. Porém, a sua obra mais famosa “Os Princípios” foi a primeira tentativa já no século XVII de suplantando o aristotelismo⁴. Seu pensamento progressista, sempre partindo dos casos mais simples para os mais complexos, se opunha aos gregos que privilegiavam a observação dos fenômenos para se chegar às causas finais. Para Descartes as sensações provocam erros, por este motivo utilizava primeiramente a intuição e depois a dedução⁵.

² Ibid., 69-73.

³ Ibid., 203-207.

⁴ Eduardo S. de O. Barra. “A Metafísica Cartesiana das Causas do Movimento: Mecanicismo e Ação Divina”. *Scientiae Studia* (USP), São Paulo - SP, v. 1, n.3, (2003): 299-322.

⁵ Luiz O. Q. Peduzzi. *Evolução dos Conceitos da Física*. (Florianópolis: UFSC/EAD/CED/CFM, 2011), 41-46.

Assim, de acordo com Koyré *apud* Peduzzi (2006)⁶ o desenvolvimento do conhecimento de Descartes caminha da teoria à prática, vai da metafísica para a física.

Outra característica do pensamento cartesiano que se opôs à filosofia grega foi a exclusão das qualidades ocultas da matéria que, na ausência de explicações racionais, justificavam a existência de forças atrativas como a gravidade e o magnetismo. Assim, todos os fenômenos se reduziram à matéria em movimento, descartando a ação à distância diferentemente do que faz Newton em sua Teoria da Gravitação Universal⁷. Ao mesmo tempo em que as ideias de Descartes contrastavam com o aristotelismo escolástico, a negação da ação à distância acabou sendo usada pela igreja para ratificar o Cristianismo, pois só os milagres poderiam explicar os fenômenos bíblicos⁸.

O filósofo alemão Leibniz não se coloca contra e nem a favor do reducionismo mecanicista, ele valoriza a explicação científica, em especial a física, baseada nas causas eficientes, mas sem descartar o caráter metafísico intrínseco nos conceitos aristotélicos de forma e qualidades ocultas. Para ele, apesar de dificultar a consolidação do método científico experimental, esses conceitos são importantes porque podem servir como referências quantificáveis na observação da natureza⁹.

Por sua vez, a metafísica nunca deixou de permear o pensamento dos cientistas e até os dias atuais se coloca como uma importante ferramenta para o progresso da ciência. A exceção foi o período em que predominou o Positivismo (século XIX a meados do século XX), filosofia praticada pelos cientistas da época que defendiam uma ciência neutra cuja preocupação não era alcançar a verdade e sim explicar os fatos¹⁰. Para os positivistas, apenas o que pudesse ser observado deveria ser aceito pela comunidade científica, o atomismo (teoria baseada na existência do átomo) se tornou inconcebível neste período e seus defensores acabaram sendo fortemente atacados. O físico Ludwig Boltzmann (1844-1906) foi um dos que sofreram rejeição com o seu modelo termodinâmico estatístico, que anos mais tarde se mostrou muito eficiente e passou a ser aceito coincidindo com a queda do Positivismo. Porém, o Positivismo começou a entrar efetivamente em declínio quando passou a ser criticado por um grupo de filósofos da ciência que resgataram a importância de metafísica e a preocupação com a construção do conhecimento científico ao invés de privilegiar a lógica da produção científica. Dentre esses filósofos podemos citar Paul Feyerabend (1924-1994), Thomas Kuhn (1922-1996) e Karl Popper (1902-1994), este último chegou a afirmar que “a ciência está impregnada de metafísica”. Enquanto o Positivismo considerava a filosofia inútil para o

⁶ Ibid.

⁷ Barra, 299-322.

⁸ André L. N. Soares. “O estabelecimento do paradigma materialista-mecanicista na ciência: um resumo histórico de sua imposição ideológica como teoria final para toda a realidade”. *Ilusões da Matéria* (2016). Disponível em: < <http://ilusoesdamateria.blogspot.com.br/> >. Acesso em: 1 jul. 2020.

⁹ Javier Kasahara. “Una relectura leibniziana al mecanicismo”. *Eidos* [online], ISSN 1692-8857. <http://dx.doi.org/10.14482/eidos.22.5170>, n.22, (2015):35-48.

¹⁰ Rosa, *Tecnociências e Humanidades: A Ruptura*. (São Paulo: Paz e Terra, 2006), 73-82.

progresso científico e exaltava a capacidade prática da ciência, atribuindo-lhe o status de detentora do verdadeiro conhecimento, esses filósofos procuravam mostrar que a ciência é um empreendimento humano e por este motivo suscetível a questões políticas, econômicas e sociais.

Paul Feyerabend era defensor do que chamou de “anarquismo epistemológico”, que conseqüentemente resultaria em uma pluralidade metodológica¹¹. Em seu livro intitulado *Contra o Método* (1984) critica o dogmatismo do método científico e a suposta neutralidade da ciência, considerando benéfica a proliferação de teorias, pois garantiria um poder crítico para a ciência. Além disso, afirmava que nenhuma teoria é capaz de abarcar todo o *rol* de fenômenos ligados a ela e que toda a ideia por mais antiga e absurda que parecesse promove sempre um aperfeiçoamento do conhecimento.

Thomas Kuhn destacava a importância e conveniência histórica de cada teoria, cuja escolha entre as concorrentes levava em consideração o maior poder de persuasão dos seus defensores sobrepondo-se aos critérios de capacidade de resolução de problemas e a sua precisão¹². Sua tese da incomensurabilidade demonstra que existe uma incapacidade de comparação entre as teorias que disputam o reconhecimento da comunidade científica pois, apesar de obterem sucesso semelhante no entendimento de fenômenos da natureza ligados a elas, possuem natureza conceitual diferente e linguagens distintas que não podem ser traduzidas uma em termos da outra¹³. Por este motivo, a teoria vencedora revelaria o poder dos grupos dentro de uma comunidade científica e que a ciência não avançaria necessariamente em direção à descoberta da verdade, mas obedeceria às demandas da sociedade em suas respectivas épocas.

Karl Popper colocava em xeque a supremacia da ciência ao afirmar que toda teoria científica é passível de refutação, inclusive essa era a condição *sine qua non*, para ser considerada científica uma teoria precisa permitir o seu falseamento. Para Popper a ciência avança permanentemente por meio da substituição de teorias que são sempre melhores que as anteriores¹⁴. Porém, afirmava que estas nascem das conjecturas e não da observação, assim, valorizava o emprego da metafísica na pesquisa científica contrariando os métodos dedutivo e indutivo para se alcançar o conhecimento¹⁵.

Esses três filósofos citados tinham em comum o pensamento de que a ciência não é incontestável, suas leis e teorias se alteram com o passar do tempo, o conhecimento científico não é fixo e, portanto, não cumulativo. Podemos observar que ao longo da história ideias que foram refutadas retornam em outras

¹¹ Anna C. K. P. Regner. “Feyerabend e o pluralismo metodológico”. *Episteme* (Porto Alegre), Porto Alegre, v. 1, n.2, (1996): 61-78.

¹² Thomas S. Kuhn. *A estrutura das revoluções científicas*. (Thomas S. Kuhn; tradução Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. — 12. ed. São Paulo: Perspectiva, 2013), 241-259.

¹³ Thomas S. Kuhn. *O caminho desde A estrutura: ensaios filosóficos, 1970-1993, com uma entrevista autobiográfica*. (Thomas S. Kuhn; editado por James Conant e John Haugeland; tradução de César Mortari; revisão técnica Jézio Hernani B. Gutierrez. São Paulo: Editora UNESP, 2006), 47-76.

¹⁴ Rosa, *Tecnociências e Humanidades: A Ruptura*, 171-174

¹⁵ Karl R. Popper. “Conjecturas e Refutações: O Progresso do Conhecimento Científico”. Tradução de Sérgio Bath. 2a ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, (1982): 1-27.

circunstâncias com um maior embasamento. O átomo, por exemplo, foi inicialmente pensado por Demócrito na Grécia Antiga e ressurgiu com Dalton (1766-1844) no século XIX. Anos mais tarde foi excluído pelos positivistas e retornou com Thomson (1856-1940) já no século XX sendo aceito até os dias de hoje. Em resumo, podemos considerar que a ciência descreve um universo criado pelos cientistas que, com suas múltiplas formas de enxergar a natureza, vão construindo teorias que se originam da sua própria imaginação.

Muitas vezes essa imaginação do cientista se torna fundamental para superar barreiras impostas pela razão e, ganhando até *status* de magia, conseguem dar solidez a teorias adequando equações matemáticas aos resultados obtidos. É o caso, por exemplo, da Gravitação Universal de Newton, que com a sua hipótese de todas as massas se atraírem mutuamente à distância, confirma as órbitas planetárias de Kepler. Os “pacotes de energia” de Planck solucionam o problema da radiação do corpo negro, e a curvatura do espaço-tempo de Einstein explicam com maior precisão o movimento dos planetas e estrelas, assim como os seus efeitos relativísticos.

A inserção de conceitos metafísicos em teorias acaba originando hipóteses que precisam ser comprovadas para dar credibilidade às teorias, mas para isso é necessária uma sofisticação experimental que nem sempre existe na época em que foram criadas. Dessa mesma forma, com o surgimento de novas teorias e técnicas de experimentação, essas ideias podem ser validadas em outro momento. Fato é que muitas hipóteses que se mostram falsas ou indemonstráveis, sendo rejeitadas em um primeiro momento, se tornam produtivas em outro momento. O atomismo e os fluidos sutis como o *éter* são exemplos de hipóteses que foram descartadas e reassumidas em diferentes épocas.

A busca pela essência das coisas e a causa dos fenômenos levou ao surgimento do materialismo e conseqüentemente do mecanicismo. O termo mecanicista é mais recente, porém o materialismo e a discussão sobre o átomo e a matéria contínua remetem aos tempos da antiguidade. A matéria constituída por átomos pressupõe o vácuo, enquanto a matéria contínua um universo pleno todo preenchido. O universo comparado a uma máquina agindo por meio da matéria é uma das interpretações do mecanicismo que se tornou um dos mais poderosos paradigmas da ciência, vigorando até o início do século XX aproximadamente.

O conceito de paradigma adotado neste trabalho é o mesmo que Thomas Kuhn cita em seu livro *“A estrutura das Revoluções Científicas”*:

“... uma ou mais realizações científicas passadas. Essas realizações são reconhecidas durante algum tempo por alguma comunidade científica específica como proporcionando os fundamentos para sua prática posterior.”¹⁶

¹⁶ Kuhn, *A estrutura das revoluções científicas*, 54.

Para Kuhn a ciência se desenvolve passando sempre por três momentos distintos: o período de *ciência normal*, a *crise* e a *revolução científica* com a adoção de um novo paradigma. No período de *ciência normal* os pesquisadores elaboram teorias e soluções para os problemas que surgem com base no paradigma vigente. Quando surgem novos problemas dos quais não se encontram mais soluções, ou seja, esgotando-se as possibilidades dentro do paradigma, a ciência entra em um período de crise e novas ideias começam a surgir. Caso essas novas ideias se transformem em soluções, ocorre uma revolução científica e um novo paradigma é instaurado. Mas para Kuhn a escolha de uma teoria entre outras candidatas não depende exclusivamente da sua eficácia em solucionar problemas, outros fatores como simplicidade e até mesmo políticos influenciam essa escolha. Por este motivo, as teorias científicas obedecem mais a conveniência do que descrevem a realidade das coisas, que segundo Kuhn nunca será e nem precisaria ser alcançada. Newton, que era mecânico (defensor da Mecânica) e não mecanicista, afirmava que não sabia explicar, na sua Teoria da Gravitação, como e nem por quê os corpos se atraem, mas era assim que ele enxergava o mundo.

Voltando ao pensamento mecanicista, se o universo funciona como uma máquina, as ações dessa máquina necessitam do intermédio de algum meio material para ocorrer, ainda que não se consiga observá-lo. Por este motivo, o mecanicismo não admitia a ação à distância e assim os fluidos sutis começaram a ser incorporados às teorias. Influenciados por esse tipo de raciocínio, apesar de não se conhecer a natureza do material, mas considerando a sua existência como fundamental para explicar certos fenômenos, alguns fluidos surgiram como hipóteses para diversas teorias. Porém, com a evolução da Física e da Química, foram posteriormente substituídos por conceitos como energia, campo e combustível.

Diante do exposto, surgem as questões: Por que as teorias, pelo menos em um primeiro momento, necessitam da introdução de meios materiais para se tornarem mais inteligíveis ou racionais? Até que ponto um paradigma pode deixar a ciência estagnada? Até que ponto a insistência em certa visão de mundo é benéfica? Este trabalho tem como objetivo discutir a necessidade da existência do meio material para validar teorias e mostrar como a ciência evolui durante a vigência de um paradigma.

O VÁCUO E OS MATERIAIS SUTIS

A discussão sobre a existência ou não do vácuo atravessou os séculos e ainda hoje encontramos alguns poucos cientistas que negam o espaço vazio. Porém, com a aceitação e consolidação das teorias atômicas, além dos avanços na astronomia, a comunidade científica atualmente entende que o universo (intra-atômico e interestelar) é predominantemente constituído de vácuo.

Considerando a filosofia grega como a precursora do estudo da natureza, temos nos conceitos de cosmos e atomismo a origem da discussão sobre a existência do vácuo. A busca em se determinar a estrutura da matéria provocou diversas teorias, algumas com a introdução de meios materiais

preenchendo os espaços entre os seus elementos fundamentais. A matéria constituída por átomos pressupõe vazios entre eles, dentre os filósofos gregos atomistas podemos citar Leucipo, Demócrito, Platão e Epicuro.

Aristóteles, filósofo grego cujas ideias se tornaram um paradigma da ciência até a Revolução Científica do século XVII, defendia a existência de uma substância que chamou de *hylé* cuja combinação com alguma forma (causa formal) resultava nos quatro elementos fundamentais fogo, terra, água e o ar¹⁷. Para ele, o Cosmos era formado por matéria contínua onde os espaços eram preenchidos por um fluido sutil que ficou conhecido como *éter*. Essas ideias se configuraram como precursoras do mecanicismo, pois se opunham à existência do vácuo e defendiam a necessidade de um material como causa final para os fenômenos naturais. Os conceitos de alma ou essência justificava o aspecto teleológico mecanicista¹⁸.

Descartes, apesar de contribuir para a Revolução Científica do século XVII, também acreditava em um universo todo preenchido por alguma espécie de matéria sutil. Sua mecânica foi construída com base na existência de meios materiais intermediando as ações, não adotava o conceito de força tal qual definido posteriormente por Newton, em seu lugar defendia o *ímpetus* divino e sua conservação¹⁹. Explicava o movimento planetário imaginando vórtices causados por uma perturbação no meio que preenchia o universo e que arrastavam os planetas. Segundo ele, Deus teria fornecido o impulso inicial fazendo o Sol “girar” originando os vórtices²⁰. Também se valeu de fluidos a quem chamou de “espíritos” para explicar as excitações sensoriais no corpo animal. Para Descartes, os corpos animais possuíam dutos internos que conduziam esses fluidos pelo sistema nervoso até o cérebro que os enviava de volta aos músculos para reagir aos estímulos que estariam recebendo²¹. O movimento para Descartes ocorria apenas por meio de choques diretos ou indiretos entre os corpos, pois estes não possuem vontade própria. Sendo assim, espaço e matéria estão intimamente ligados descartando qualquer possibilidade de existência do vácuo na física cartesiana²².

A aceitação do vácuo aconteceu em um primeiro momento durante o século XVII quando Torricelli, Pascal, Boyle e outros cientistas mostraram por meio de experimentos que era possível produzir

¹⁷ Rosa, *Tecnociências e humanidades: Novos Paradigmas, Velhas Questões*, 64.

¹⁸ Fernando Libonati. “Mecanicismo y teleología: resonancias de la concepción aristotélica de lo viviente en la fenomenología de M. Merleau-Ponty”. *Revista Latinoamericana de Filosofía*, (2019): 199-219.

¹⁹ Barra, 300.

²⁰ Rosa, *Tecnociências e humanidades: Novos Paradigmas, Velhas Questões*, 146.

²¹ *Ibid.*, 234-235.

²² Érico Andrade. “O mecanicismo em questão: o magnetismo na filosofia natural cartesiana”. *Sci. viga.*, São Paulo, v. 11, n. 4, (2013): 785-810.

vácuos artificiais, e ocorreu também com a Teoria da Relatividade no início do século XX, após a reintrodução do *éter* no século XIX com os estudos ópticos e eletromagnéticos²³.

Martins (1993)²⁴ procurou mostrar que a concepção de *éter* ainda é útil para a compreensão dos fenômenos físicos e, conseqüentemente, para o progresso da ciência. Argumentou ser impossível mostrar empiricamente a existência do vácuo, pois se o *éter* é imperceptível, como teremos a certeza de que ao retirar todas as substâncias de um recipiente ele não permanecerá lá? Cita também o fato de que o vácuo para os físicos corresponde a um ente, algo que existe e possui propriedades físicas, se assemelhando ao conceito moderno de *éter*. Entra na discussão filosófica do significado de vácuo como sendo “o nada” e dessa forma não poderia ter dimensões (tamanho, distância, ...), sugerindo então a impossibilidade do vácuo absoluto. Assim, é possível criar um espaço vazio de matéria sensível, mas que para manter este volume espacial se faz necessário conter um material sutil inobservável.

Além do *Éter*, outros materiais sutis surgiram ao longo da história da ciência, como o *Flogisto* e o *Calórico*. O conceito do *Flogisto* já havia sido pensado anteriormente por Descartes ao conjecturar que a lenha ao entrar em combustão vai liberando suas partes mais sutis separando-as em fogo, ar e fumaça restando apenas as cinzas. Porém, este fluido foi proposto inicialmente pelo alquimista alemão Johann Joachim Becher (1635-1682) em 1669 como uma espécie de mistura entre o fogo aristotélico e o enxofre alquímico, sendo posteriormente incorporado à teoria de Ernst Stahl (1660-1734) no início do século XVIII. O *flogisto* de Stahl era um material responsável pela combustibilidade das substâncias. Sendo assim, todos os corpos conteriam o *flogisto*, que abandonaria a matéria na forma de cinzas, quando esta fosse queimada. Ao parar de arder (*flogisto* = arder em grego), um corpo não possuiria mais essa substância em sua composição²⁵.

A consolidação da Química como ciência em substituição à Alquimia, deixando de ser qualitativa e passando a utilizar o método científico, foi determinante para a condenação do *flogisto*, pois uma das grandes contradições dessa teoria era a diferença de peso antes e depois a combustão de um material. Coube a Lavoisier a correta interpretação do fenômeno da combustão como sendo uma combinação do oxigênio do ar com a substância que está sendo queimada²⁶.

O calórico foi um conceito relacionado aos estudos do calor e temperatura que surgiu no século XVIII perdurando até o início do século XIX. A teoria do calórico é geralmente atribuída ao médico e químico Joseph Black (1728-1799) sendo definido como um fluido térmico constituinte de todos os corpos que fluía para fora do mesmo quando este tinha a sua temperatura diminuída. Assim como o *flogisto*, a

²³ Roberto de A. Martins. “Em Busca do Nada: Considerações Sobre Os Argumentos A Favor e Contra o Vácuo”. Trans/Form/Ação, São Paulo, SP, v. 16, (1993): 7-27.

²⁴ Ibid.

²⁵ Armando A. de S. e Brito. “Flogisto, Calórico & Éter”. C. Tecn. Mat., vol.20, no.3-4, ISSN 0870-8312, (2008): 51-63.

²⁶ Ibid.

imponderabilidade era uma característica que gerava muita discussão entre os físicos, pois ao penetrar em outros corpos o calórico os deixariam mais pesados. Atribuindo ao movimento como causa dos fenômenos caloríficos, Benjamin Thompson (1753-1814) decreta o fim do calórico e ao mesmo tempo dá início aos primeiros fundamentos da Termodinâmica²⁷.

Podemos observar que estes fluidos sutis tiveram um curto tempo de aceitação pela comunidade científica e pouco contribuíram para o avanço da ciência com exceção do éter. Esse meio material tem permeado o pensamento dos físicos desde a Grécia Antiga, passando pelo século XVII com os mecanicistas como Descartes e retornando no século XVIII com o eletromagnetismo. Porém, nesses dois últimos períodos o conceito de éter foi utilizado para preencher lacunas de naturezas diferentes.

Enquanto Newton não havia formulado a sua Lei de Gravitação Universal, explicando o movimento dos planetas por meio da atração entre os corpos à distância, o éter fazia o papel de um material que arrastava os planetas. Esse movimento de arraste era gerado pelo *impetus* divino, de maneira contínua ou fornecendo apenas as condições iniciais para que o sistema adquirisse autonomia. A hipótese da massa atraindo outra massa no espaço vazio era difícil de ser concebida tanto é que o próprio Newton admitia ser uma ideia absurda²⁸.

Os fenômenos elétricos, estudados aproximadamente dois séculos depois, também contribuíram para a discussão sobre a existência ou não de um meio intermediando as ações de um corpo sobre outro distantes entre si. Para o engenheiro eletricista Oliver Heaviside (1850-1925), as duas ideias podem ser aceitas considerando uma sendo um caso extremo da outra. A ação à distância intermediada por um meio cuja velocidade de propagação seja finita, porém altíssima ou assumir uma velocidade de propagação infinita pelo fato de a influência do meio não ser sentida²⁹.

O advento da teoria ondulatória da luz no século XIX, fez com que o éter voltasse a ser considerado. Como as ondas, mecanicamente entendidas, necessitavam de um meio material para se propagar, a luz como tal também necessitaria. Porém, como a luz das estrelas chegava até nós se o espaço não era todo preenchido por matéria? A peça que faltava nesse quebra-cabeça era justamente o éter que passou a ser chamado de *luminífero*.

As equações de Maxwell unificaram a eletricidade, o magnetismo e a óptica definindo a luz como uma onda formada pelos campos elétrico e magnético perpendiculares entre si se propagando transversalmente inclusive no vácuo. O conceito de campo, ainda recente, ajudou muito na compreensão da ação à distância dos fenômenos gravitacionais, elétricos e magnéticos. Mas, sendo o campo uma

²⁷ Ibid.

²⁸ Rosa, *Tecnociências e humanidades: Novos Paradigmas, Velhas Questões*, 146.

²⁹ Hugo S. T. dos Santos et al. "Ação a Distância versus Ação Intermediada. Contraste entre a Nova e as Velhas Visões sobre Eletricidade" – Tradução comentada de um texto de Oliver Heaviside sobre ação a distância. *Rev. Bras. Ensino Fís.*, São Paulo, v. 42, e20190270, 2020.

entidade real, detectável, dotada de propriedades matemáticas, porém inobservável, como definir um estatuto ontológico para ele? Uma das maneiras de se fazer isto é postular a existência de um meio sutil intermediando as ações³⁰.

E assim, o éter ganhou uma sobrevida que seria destruída posteriormente com a Teoria da Relatividade culminando também com a quebra do paradigma mecanicista. Esta ruptura de pensamento será abordada mais adiante.

O PENSAMENTO MECANICISTA

A Revolução Científica do século XVII, precedida pela Revolução Copernicana do século XVI e pelo método científico de Galileu, representou uma nova forma de enxergar o mundo e o próprio papel da ciência para a sociedade. A substituição do sistema geocêntrico de Ptolomeu pelo heliocêntrico de Nicolau Copérnico, apesar de ainda conter resquícios da filosofia grega, deu início a um movimento de confrontação com a escolástica medieval, introduzindo a matemática na ciência e a separando da religião. Para muitos autores a Revolução Científica do século XVII teve como marco o advento da Mecânica Newtoniana que proporcionou a unificação da física do céu e da terra com as suas Leis de Movimento e a Gravitação Universal. Durante este período, físicos como Descartes e Leibniz também criaram teorias contribuindo para a construção dessa nova visão de mundo, porém Newton com o seu empirismo experimental e determinismo matemático aliado à sua capacidade de imaginação levou vantagem sobre estes rivais desenvolvendo com completude e solidez o arcabouço teórico que ficou conhecida como Mecânica.

Hoje a Física se divide em diversas áreas sendo a Mecânica a responsável pelo estudo do movimento, incluindo o repouso. A maneira de se tentar explicar todos os fenômenos naturais por meio das leis de movimento dos corpos é chamada de *mecanismo*. Do mecanismo surge uma vertente mais radical chamada de *mecanicista* que se diferenciava da primeira por enxergar o universo como pleno e por substituir a força newtoniana pela transferência da quantidade de movimento entre os corpos como causa dos movimentos.

O termo mecanicismo foi sofrendo várias interpretações e significados ao longo da história. Bezerra (2006) fez uma síntese dessas interpretações dividindo o mecanicismo em quatro tipos:

- 1) Clássico – corresponde a uma interpretação ontológica reduzindo os fenômenos físicos às qualidades primárias, a matéria e o movimento. É a concepção mecanicista da natureza.
- 2) Metodológico – busca explicações mecânicas aos fenômenos, especificando as causas eficientes e mecanismos internos.

³⁰ Valter A. Bezerra. "Maxwell, a teoria do campo e a desmecanização da física". *Scientiae Studia* (USP), São Paulo, SP, v. 4, n.2, (2006): 177-220.

3) Teórico – a mecânica como ramo da física mais fundamental que os outros, de modo que todas as teorias devem ser compatíveis ou redutíveis a essa base conceitual.

4) Metafísico – enxergar o universo como uma máquina ou como um sistema semelhante a uma.

René Descartes, o principal nome do mecanicismo do tipo 1, acreditava que o universo era todo preenchido pelo éter e assim justificava o arraste que os planetas sofriam devido o movimento do sol iniciado pela ação divina. Para ele o movimento somente poderia ser obtido por intermédio de um meio material ou pela colisão entre dois corpos. Descartes também incorpora de certa forma o mecanicismo do tipo 4 ao comparar o corpo de um animal ao de uma máquina. As sensações e até mesmo os comandos cerebrais seriam conduzidas por fluidos circulando por dutos que ligam o cérebro a todas as partes do corpo humano, por exemplo.

Em resumo, a proliferação das teorias de fluidos sutis se deu por influência do mecanicismo cartesiano, pois tinha como características a rejeição ao vácuo, à ação a distância e a qualquer outro tipo de agente que não seja material capaz de mover os corpos. Esse tipo de pensamento predominou na ciência, seja por adesão ou oposição, durante os séculos XVII a XIX se expandindo a outras áreas como a Química e a Biologia e da própria Física como a Óptica e o Eletromagnetismo³¹.

O DECLÍNIO DO MECANICISMO

A visão mecanicista de se enxergar o universo, na qual todos os fenômenos naturais podem ser explicados reduzindo-os a modelos mecânicos começou a perder força com o surgimento das teorias de campo. As pesquisas na área do Eletromagnetismo contribuíram fortemente para a evolução dessas novas teorias e conseqüentemente para o declínio do mecanicismo ainda que involuntariamente.

O conceito de força, uma das bases da mecânica newtoniana, sempre dividiu os físicos e inclusive os que o utilizavam, como Newton, faziam isso de forma intuitiva sem definir um estatuto ontológico para ela. Descartes ignorou este conceito atribuindo ao *impetus* divino como a causa, sendo a inércia e as colisões entre os corpos os responsáveis pela manutenção ou o cancelamento do movimento³². Leibniz acreditava em uma força viva como qualidade da matéria, porém este conceito está muito mais ligado ao que hoje conhecemos por energia.

Admitindo ou não o conceito de força, acreditava-se que todas as interações entre os corpos deveriam acontecer pelo contato entre eles, portanto, apenas uma mente aberta ao pensamento místico como a de Newton seria capaz de postular que os corpos se atraem mutuamente sem o intermédio de algum material entre eles. Essa ideia passou a ser aceita após o surgimento do conceito de campo.

³¹ Ibid.

³² Barra, 305.

O campo é uma grandeza física que mostra como a força se distribui no espaço, com pontos onde possui maior ou menor intensidade. É uma região em que um corpo sofre a influência de outro. Mesmo com esse avanço em direção à aceitação da ação a distância, para os cientistas, a concepção de campo ainda carecia de um meio sutil (o éter) preenchendo essa região no espaço para que as interações ocorressem. Era o paradigma mecanicista impedindo a ciência de progredir.

Faraday tentou resolver este problema substituindo o éter pelas linhas de força, com propriedades materiais preenchendo o espaço dando suporte não mais a ação por contato ou a distância, mas a uma ação contínua³³. Considerava o espaço a “morada das forças” que se comunicavam de um ponto a outro de modo contíguo, representando assim, uma alternativa à ação a distância observada em fenômenos elétricos e magnéticos³⁴. Porém, apenas com Maxwell, a necessidade de um meio material intermediando as interações começou a estremecer.

Maxwell com suas famosas equações não só conseguiu unificar a Eletricidade, o Magnetismo e a Óptica como também colocou em xeque a existência do éter. Apesar de desenvolver a sua teoria baseada na concepção mecânica da natureza e insistir muitas vezes nessa tradição, Maxwell foi gradualmente se afastando do mecanicismo utilizando uma alta capacidade de abstração e uma matemática bastante sofisticada³⁵.

Inicialmente o campo eletromagnético se confundia com o *éter luminífero* (meio material onde as ondas eletromagnéticas se propagavam). Porém, à medida que a teoria eletromagnética evoluía, os experimentos mostravam que o éter estava se tornando um problema, pois precisava constantemente alterar a sua ontologia para se adequar às equações matemáticas. De fluido sutil, o éter passou a ser considerado sólido elástico, mas sempre apresentando problemas com relação a sua interação com a matéria e até mesmo as tentativas de comprovar a sua existência fracassavam.

O experimento de Michelson-Morley, que teve como objetivo detectar o “vento etéreo”, apesar da sua sofisticação não obteve êxito. Esse episódio contribuiu para que alguns físicos começassem a duvidar da existência do éter e a perceber que o campo não necessitaria de um suporte material para agir sobre os corpos, já que ele mesmo continha essa propriedade. Além disso, as equações de Maxwell eram muito precisas e totalmente independentes da inserção do éter, o que demonstra apenas que a insistência nessa hipótese era devido à forte influência do pensamento mecanicista dominante naquela época.

O golpe final para o abandono do éter e conseqüentemente do paradigma mecanicista veio com as Teorias da Relatividade Restrita e Geral de Einstein, embora alguns dos seus postulados já estivessem previstos nas equações de Maxwell, e as descobertas da recém criada Teoria Quântica. A

³³ Bezerra, 186.

³⁴ Marcelo C. de Lima. “Sobre o surgimento das equações de Maxwell”. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo, v. 41, n. 4, e20190079, 2019.

³⁵ Bezerra, 203.

invariância da velocidade da luz e a substituição do espaço e tempo absolutos por uma dimensão espaço-tempo deformável, assim como os fenômenos subatômicos, que trouxeram uma concepção descontínua e probabilística da natureza, derrubaram os pilares da concepção mecanicista.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste Trabalho foi possível observar que a ciência é um empreendimento humano em constante transformação, é o resultado da interpretação que o homem faz da natureza não tendo compromisso com a verdade e sim com as demandas da sociedade ou dos interesses de um grupo. Hipóteses como a do éter e da matéria constituída por átomos foram desconsideradas em alguns momentos e discutidas em outros. Sendo assim, qual delas descreve a realidade? A ciência tem por objetivo alcançar a realidade? Ou apenas entender como ocorrem os fenômenos?

O fato de que os fluidos sutis sobreviveram por um período curto de tempo em seus contextos não apagam a importância que tiveram para a evolução dos conceitos e conseqüentemente para o progresso da ciência. Para o filósofo britânico Karl Popper (1902 – 1994) a ciência frequentemente comete erros, porém uma ideia ruim pode inspirar muitas ideias boas. Assim a ciência vai avançando, não pela acumulação de conhecimentos, mas sim pela substituição de teorias por outras melhores ou mais satisfatórias³⁶.

Kuhn (2006)³⁷ argumenta que teorias passadas podem parecer absurdas quando tentamos compará-las com a linguagem científica atual, pois usamos termos iguais com definições diferentes ou até mesmo associamos erradamente termos diferentes pensando possuírem conceitos iguais. É necessário que o pesquisador domine as duas linguagens (antiga e atual) para poder bem traduzir uma em função da outra e, além disso, mergulhar no contexto dos períodos em que essas teorias foram vigentes. Sendo assim, os fluidos sutis estavam completamente de acordo com o que era praticado pelos cientistas da época, o pensamento hegemônico e o conhecimento produzido até então.

A criatividade dos cientistas também foi fundamental para superar barreiras impostas pela razão. Ao privilegiar os resultados empíricos sobre a busca pela realidade das coisas, muitas vezes os cientistas criaram hipóteses mirabolantes para explicar os fenômenos. Essas ideias, apesar de inconcebíveis por alguns dos próprios autores, corroboravam perfeitamente com as equações matemáticas deduzidas se tornando assim leis científicas.

Durante o período hegemônico do mecanicismo, os cientistas realizavam suas pesquisas e estudos sempre obedecendo às leis e conceitos determinados por esse paradigma vigente, configurava-se

³⁶ Popper, 242-243.

³⁷ Kuhn, *O caminho desde A estrutura: ensaios filosóficos, 1970-1993, com uma entrevista autobiográfica*, 52-63.

assim o período de ciência normal segundo Thomas Kuhn. Com isso, insistiam muito na necessidade de alguma entidade com propriedades materiais para intermediar as ações à distância, ideia inaceitável pelo mecanicismo. Os fluidos sutis foram mais facilmente aceitos por causa da sua materialidade enquanto conceitos abstratos como campo e energia ainda não haviam sido desenvolvidos.

Durante a vigência de um paradigma os conceitos e teorias se consolidam e, apesar de estarem fortemente ligados a essa tradição, é um período em que ocorrem aprofundamento e especialização, produzindo-se bastante conhecimento. Porém, depois de algum tempo problemas que ficam sem solução aparecem com frequência e acabam causando um enfraquecimento dessa base conceitual construída. Nesse momento, como afirma Kuhn, se instala um período de crise e começam a surgir inúmeras tentativas de suplantar essas anomalias que o paradigma não consegue resolver. Se faz necessário então romper com esse paradigma para que a ciência consiga avançar e assim novas ideias ou antigas teorias se candidatem a substituí-lo.

A teoria eletromagnética de Maxwell representou bem essa situação, pois se apropriou do conceito de campo e colocou em xeque a existência do éter. A ação à distância se tornava possível e o vácuo uma realidade comprovada matematicamente, era o começo do fim do mecanicismo. A Relatividade de Einstein, postulando a constância da velocidade da luz no vácuo, o espaço-tempo como uma dimensão indissociável e deformável pela presença da massa foi determinante para a quebra do paradigma mecanicista culminando em uma nova revolução científica. O advento da Física Quântica também contribuiu para essa revolução ao derrubar o determinismo imposto pelo mecanicismo. Observamos então nesse caso como a ciência caminha na visão de Kuhn passando pelas três fases: ciência normal, crise e revolução científica, com a instauração de um novo paradigma.

Por outro lado, notamos também as idas e vindas de alguns conceitos e teorias, como por exemplo, o átomo e a ideia de um universo todo preenchido por algum meio de propriedades materiais. Dos gregos na Antiguidade aos dias atuais ainda existem discussões acerca dessas hipóteses na comunidade científica. O conceito de matéria escura é um indício do retorno de um éter, agora moderno, às teorias científicas.

De qualquer forma, os avanços tecnológicos e a grande contribuição para a sociedade proporcionados por essas duas revoluções, mecânica e relativística/quântica, nos leva a refletir sobre o verdadeiro papel da ciência: a busca da verdade ou o domínio da natureza em benefício da humanidade? É possível fazer ciência sem a ajuda da metafísica? As teorias científicas precisam fazer sentido, filosoficamente falando? Até aqui a ciência não tem mostrado a necessidade de tais preocupações.

SOBRE O AUTOR:

Francisco de Assis Lima de Sousa Junior

Universidade Federal do Rio de Janeiro

fassis@metalmat.ufrj.br

Artigo recebido em 02 de agosto de 2020
Aceito para publicação em 04 de dezembro de 2012