UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza
Multicampi Cornélio Procópio e Londrina

Ellen Aparecida Marangoni Braz

SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE ANÁLISE DE CONTEXTO HISTÓRICO SOBRE O RENASCIMENTO: manual ao professor

PRODUTO EDUCACIONAL

LONDRINA/PR

2025

ELLEN APARECIDA MARANGONI BRAZ

SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE ANÁLISE DE CONTEXTO HISTÓRICO SOBRE O RENASCIMENTO: manual ao professor

Produto educacional apresentado omo requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino do programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: José Bento Suart Junior.

LONDRINA

2025

4.0 Internacional

Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho para fins não comerciais, desde que atribuam o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Londrina

ELLEN APARECIDA MARANGONI BRAZ

EXPLORANDO O RENASCIMENTO: ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E REFLEXÕES SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA NA FORMAÇÃO DOCENTE

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Ensino De Ciências Humanas, Sociais E Da Natureza da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Ensino, Ciências E Novas Tecnologias.

Data de aprovação: 17 de Fevereiro de 2025

Jose Bento Suart Junior, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Enio De Lorena Stanzani, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dra. Patricia Fernanda De Oliveira Cabral, Doutorado - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 17/02/2025.

SUMÁRIO

1 HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA 6
2 TEMÁTICA: RENASCIMENTO 7
3 PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS 9
4 AVALIAÇÃO APÓS EXECUÇÃO DA SD 23
CONSIDERAÇÕES FINAIS 25
REFERÊNCIAS 27

APRESENTAÇÃO

Seja bem-vindo ao material educativo desenvolvido para explorar as intersecções entre ciência, história e cultura no contexto do Renascimento! Este produto educacional é resultado da dissertação de mestrado profissional intitulada **"Explorando o Renascimento: Ensino por Investigação e Reflexões sobre a Natureza da Ciência na Formação Docente"**. Esse trabalho buscou compreender como uma sequência didática, fundamentada em História e Filosofia da Ciência e aplicada através do Ensino por Investigação, pode enriquecer a formação de professores de Química ao aprofundar a compreensão sobre o Renascimento e estimular uma análise crítica da natureza da ciência.

Criado no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), este material foi idealizado pela mestranda **Ellen Aparecida Marangoni Braz**, sob a orientação do professor **Dr. José Bento Suart Júnior**. Seu objetivo é servir de apoio a professores e futuros docentes na construção de um olhar reflexivo sobre as relações entre ciência, sociedade e cultura, utilizando o Renascimento como pano de fundo para entender as bases da ciência moderna.

A sequência didática, composta por nove aulas, foi inicialmente aplicada na disciplina **Elementos de História e Filosofia da Química**, no curso de Licenciatura em Química da UTFPR – Campus Apucarana. Sua estrutura foi validada pela banca examinadora do programa de mestrado, garantindo sua relevância acadêmica e educacional.

Esperamos que este material inspire e motive novas discussões, promovendo a integração entre teoria e prática pedagógica de maneira dinâmica e envolvente. Para dúvidas ou maiores informações, sinta-se à vontade para entrar em contato pelo e-mail ellenmarangonii@gmail.com.

Que tal embarcar nesta jornada de descobertas? 🚀

1 História e Filosofia da Ciência

Os estudos sobre o uso da História e Filosofia da Ciência no ensino de Ciências tem crescido nos últimos anos (QUINTAL; GUERRA, 2009; ANDRADE; SILVA, 2017; MARTINS, 2007; MATTHEWS, 1995).

O ensino de ciências, por vezes, transmite uma percepção equivocada da ciência, apresentando-a como um conjunto de verdades absolutas e imutáveis. Nesse cenário, a introdução da História e Filosofia da Ciência no ambiente escolar destaca-se como um recurso essencial para uma abordagem mais crítica e reflexiva. Moura (2014) enfatiza que compreender a natureza da ciência é imprescindível para formar alunos e professores capazes de se posicionar de maneira crítica e consciente em relação ao mundo que os cerca.

Ao incorporar a história da ciência no ensino, é possível romper com a noção de que a ciência consiste em um produto finalizado e estável. Essa abordagem revela sua natureza provisória e refutável, além de evidenciar os desafios, as dificuldades e as frustrações vivenciadas ao longo do processo de construção científica. Assim, a história da ciência contribui para um entendimento mais profundo do caráter dinâmico e complexo das teorias científicas e de seu contexto histórico (CHAVES; SANTOS; CARNEIRO, 2014).

Michael Matthews (1995), um dos principais defensores da utilização da História e Filosofia da Ciência no ensino, argumenta que essa abordagem enriquece o aprendizado de diversas maneiras. Ele afirma que ela:

> [...] podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tomar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do mar de falta de significação que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam; podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas (MATTHEWS, 1995, p. 165)

Portanto, a integração da História e Filosofia da Ciência no ensino não apenas ressignifica a maneira como a ciência é apresentada, mas também potencializa o desenvolvimento crítico e reflexivo dos educadores e estudantes.

2 Temática: Renascimento

Por muitos anos, o Renascimento foi entendido como um período de transformações abruptas no campo do conhecimento, enquanto a Idade Média era frequentemente retratada como uma era de estagnação científica. No entanto, pesquisas recentes apontam para uma perspectiva histórica mais contínua, reconhecendo as importantes contribuições dos pensadores medievais em áreas como astronomia, óptica, cinemática e outras ciências matemáticas, bem como no desenvolvimento das noções de leis naturais e do método experimental (HENRY, 1998).

A abordagem do Renascimento no ensino de Química permite discutir a Natureza da Ciência ao evidenciar que o conhecimento científico não segue uma trajetória linear ou estática, mas é fruto de interações dinâmicas entre diferentes contextos históricos, sociais e culturais. Esse período, caracterizado pela convivência de abordagens racionais, experimentais e até místicas, reforça a ideia de que a ciência evolui por meio de disputas, mudanças e desafios, descartando uma visão simplificada de progresso contínuo.

Trabalhar esse tema nas aulas de Química contribui para o desenvolvimento do pensamento crítico dos alunos, ao apresentar como os conceitos científicos foram gradualmente construídos, questionados e reformulados ao longo do tempo. Contextualizar o Renascimento como parte de um amplo processo de transformação científica leva os estudantes a refletirem sobre os métodos e paradigmas daquela época e seu impacto na construção do conhecimento atual. Essa abordagem não apenas enriquece a compreensão da ciência, mas também destaca seu caráter humano, provisório e em constante evolução, promovendo uma visão mais integrada e reflexiva sobre sua natureza.

Sendo assim, o material didático apresentado consiste em uma ferramenta de apoio à implementação de uma sequência didática, elaborada especialmente para disciplinas teóricas de licenciatura em Química, com possibilidades de adaptação para professores do Ensino Médio. Seu principal objetivo é fomentar a compreensão histórico-filosófica do Renascimento, incentivando uma análise crítica da história da ciência e evidenciando as contribuições desse período para a formação da ciência moderna. Adicionalmente, busca ampliar as perspectivas

sobre a natureza da ciência, promovendo reflexões epistemológicas e metodológicas sobre as diversas visões que moldaram o pensamento científico. Voltado à formação docente, o material oferece subsídios teóricos e práticos que enriquecem a prática pedagógica, integrando história e filosofia da ciência a atividades educacionais. Também visa desenvolver nos alunos a capacidade de tomar decisões fundamentadas, utilizando ferramentas como o Modelo de Kortland em estudos de caso.

3 Procedimentos Didáticos

A presente sequência didática foi estruturada utilizando a Sequência de Ensino por Investigação (SEI) e o Estudo de Caso, duas metodologias de ensino que visam promover um aprendizado mais dinâmico, crítico e contextualizado. (ALVES; BEGO, 2020). A SEI é uma uma metodologia em que a participação ativa dos alunos é central e é estruturada em três etapas. A SEI inicia com a problematização, onde um problema teórico ou experimental, preferencialmente vinculado ao cotidiano, é apresentado para estimular a reflexão crítica e explorar os conhecimentos prévios dos alunos. A segunda etapa envolve a sistematização do conhecimento, utilizando recursos diversos, como textos, questionários ou vídeos, para organizar e consolidar os conceitos discutidos. Por fim, a contextualização conecta os conceitos aprendidos a problemas externos, incluindo questões sociais e tecnológicas, promovendo a aplicação prática do aprendizado (CARVALHO, 2013).

Já o Estudo de Caso, derivado da Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL), é uma metodologia que apresenta aos estudantes situações reais e complexas, estimulando a análise crítica, a resolução de problemas e a compreensão científica (SÁ; QUEIROZ, 2010). Ele utiliza narrativas contextualizadas com questões instigantes, personagens empáticos e decisões importantes a serem tomadas, sendo amplamente adotado no ensino de Ciências e outros campos. Allchin (2013) sugere que o estudo de caso pode ser planejado para abordar aspectos específicos da Natureza da Ciência. Segundo o autor, os estudos de caso históricos proporcionam um maior envolvimento dos alunos em análises e discussões, ao colocá-los em contextos que simulam situações reais de produção do conhecimento científico ao longo da história. Nesse processo, além da narrativa histórica, é crucial formular perguntas cuidadosamente elaboradas, que permitam aos alunos analisar aspectos específicos da natureza da ciência embutidos em cada questão.

Sendo assim, a sequência didática tem início com um Questionário Inicial (Apêndice A) composto por seis questões, com o objetivo de coletar dados preliminares sobre o conhecimento dos participantes em relação ao tema. Em seguida, ainda na primeira aula, é proposto um estudo de caso (Apêndice B) cuja

narrativa é centrada em Antônio, um professor de Química que enfrenta dificuldades ao organizar uma atividade interdisciplinar sobre o tema, dadas as múltiplas interpretações históricas que encontra nos materiais consultados. A estrutura do estudo de caso inclui uma contextualização inicial, na qual Antônio relata os desafios enfrentados ao lidar com a coexistência de conceitos místicos e alquímicos, paralelamente ao surgimento da valorização da razão e do método experimental, característicos do Renascimento.

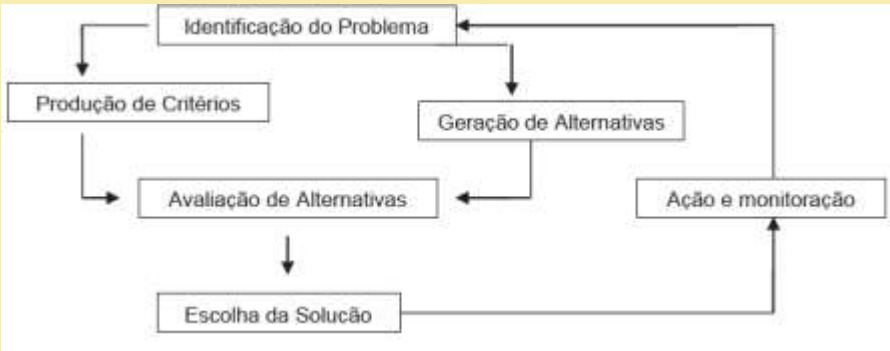
Na narrativa, Antônio compartilha excertos de quatro livros didáticos, cada um apresentando abordagens distintas: a influência da alquimia e do início da Química médica com Paracelso; o impacto do método científico e as críticas ao conhecimento medieval durante o período; a relevância do mecanicismo e a retomada do atomismo; e a ênfase na experimentação e no papel das sociedades científicas emergentes. Além disso, o estudo de caso inclui trechos originais atribuídos a pensadores históricos, como Paracelso, Robert Boyle e Isaac Newton, oferecendo diferentes perspectivas sobre as mudanças científicas do período.

O ponto central da narrativa é a solicitação de auxílio feita por Antônio, que busca orientações de um colega, papel representado pelos alunos, para integrar essas interpretações diversas e compreender o período do Renascimento de forma mais consistente. Dessa forma, o estudo de caso tem como objetivo principal incentivar os alunos a analisar criticamente as diferentes visões sobre o desenvolvimento científico do Renascimento, contextualizar a Química dentro das transformações históricas e filosóficas da ciência, e articular essas dimensões utilizando as referências textuais fornecidas.

De posse do Estudo de Caso proposto, os alunos devem realizar uma análise preliminar do problema apresentado, e para isso devem utilizar o Modelo de Tomada de Decisão de Kortland. Esse modelo propõe um roteiro que guia os alunos por etapas claras e organizadas, estimulando uma análise aprofundada do problema, considerando diversas perspectivas antes de chegar a uma solução. Os passos desse modelo podem ser visualizados na Figura 1.

Figura 1 – Modelo de Tomada de Decisão de Kortland (1996)

Figura 1 – Modelo de Tomada de Decisão de Kortland (1996



Fonte: extraído de Silva et al. (2016).

Deste modo, para apoiar a aplicação desse modelo, foi elaborado um roteiro (Apêndice C) contendo questões que, ao serem respondidas pelos alunos, facilitam a tomada de decisão sobre as soluções mais apropriadas para o caso investigado.

Cada encontro subsequente (aulas 2 a 6) inicia com questões introdutórias (Apêndice D), com o objetivo de ativar o conhecimento prévio dos alunos e promover uma reflexão que facilite a compreensão do tema a ser trabalhado. Após a discussão dessas questões, que devem ser registradas pelos alunos em papel, inicia-se a explicação dos conteúdos por meio de slides que abordam os textos de apoio (Apêndice E). Esses textos são disponibilizados previamente, a partir do segundo encontro, para que os alunos os leiam antes das aulas, o que favorecerá as discussões em sala. Conforme a metodologia da SEI, essas atividades fazem parte da sistematização do conhecimento.

As aulas 7, 8 e 9, dando continuidade à sequência didática, possuem um foco ainda maior na aplicação prática dos conhecimentos construídos nas aulas anteriores.

A aula 7 é dedicada à elaboração de um "diálogo imaginário" entre um cientista renascentista e um contemporâneo, no qual os alunos, organizados em duplas ou trios, devem explorar as continuidades e rupturas nas visões científicas desses períodos históricos. O objetivo é fomentar uma reflexão profunda sobre as transformações na concepção de ciência, além de estimular a argumentação e a criatividade. Ao final da aula, os grupos devem apresentar seus diálogos para a turma, permitindo a troca de ideias e a construção coletiva de conhecimentos.

A aula 8 é focada em uma atividade interdisciplinar, onde os alunos serão desafiados a criar uma apresentação que relacione um conceito químico ou filosófico moderno ao contexto histórico do Renascimento. Este exercício visa desenvolver a capacidade crítica e a habilidade de interligar diferentes áreas do conhecimento, incentivando também a criatividade na construção da apresentação. Após a elaboração, as apresentações devem ser socializadas, proporcionando um espaço de discussão crítica entre os grupos.

A aula 9 consiste na culminância do estudo de caso proposto, no qual os alunos, após uma leitura orientada do estudo de caso e revisão do Modelo de Tomada de Decisão de Kortland, devem preencher o modelo adaptado para o caso de Antônio, o professor de Química. Eles seão convidados a elaborar uma resposta escrita, aplicando o raciocínio lógico e os conceitos discutidos nas aulas anteriores. Esta atividade permite que os alunos integrem e concretizem os aprendizados, aplicando-os a uma situação real, evidenciando sua capacidade de análise e resolução de problemas dentro do contexto histórico e científico proposto.

Para facilitar a visualização da organização das aulas, abaixo encontra-se o cronograma das atividades e temas desenvolvidos na sequência didática.

Aula	Atividades a serem desenvolvidas
Aula 1	1. Questionário Inicial (Apêndice A) 2. Apresentação do estudo de caso (Apêndice B) 3. Apresentação do Modelo de Kortland (Apêndice C) 4. Preenchimento do Modelo de Kortland (Apêndice C)
Aula 2	1. Questões iniciais (Apêndice D) 2. Explicação do texto: Vitalismo e as Origens Filosóficas da Vida: Da Antiguidade Grega às Teorias de Aristóteles 3. Questões iniciais 4. Explicação do texto: Pensamento Medieval: Ciência, Filosofia e Herança Cultural 5. Elaboração de mapa conceitual para síntese dos principais conceitos abordados durante a aula.
Aula 3	1. Questões iniciais (Apêndice D) 2. Explicação do texto: A Ciência Renascentista: Magia, Alquimia e a Revolução do Conhecimento 3. Elaboração de mapa conceitual para síntese dos principais conceitos abordados durante a aula.

Aula 4	1. Continuação da explicação sobre: A Ciência Renascentista: Magia, Alquimia e a Revolução do Conhecimento 2. Elaboração de mapa conceitual para síntese dos principais conceitos abordados durante a aula.
Aula 5	1. Questões iniciais (Apêndice D) 2. Explicação do texto: Corpuscularismo e Mecanicismo: Abordagens à Compreensão da Natureza 3. Elaboração de mapa conceitual para síntese dos principais conceitos abordados durante a aula.
Aula 6	1. Questões iniciais (Apêndice D) 2. Explicação do texto: Explorando o Mecanicismo: A Abordagem Mecânica da Natureza 3. Elaboração de mapa conceitual para síntese dos principais conceitos abordados durante a aula.
Aula 7	1. Atividade reflexiva: elaboração de um "diálogo imaginário" entre um cientista renascentista e um contemporâneo.
Aula 8	1. Proposta interdisciplinar: desenvolvimento de uma apresentação relacionando um conceito químico ou filosófico atual ao Renascimento. 2. Apresentação das propostas pelos grupos.
Aula 9	1. Elaboração da resposta final ao estudo de caso proposto

A seguir, apresenta-se o detalhamento das aulas, passo a passo.

3.1 Aula 1

Conteúdo

- Introdução ao Estudo de Caso
- Coleta de Dados Iniciais

Objetivos

- Introduzir o tema e o estudo de caso
- Coletar informações sobre o conhecimento prévio dos alunos através do Questionário Inicial.

Duração da aula

- 1 hora e 40 minutos.

Recursos Necessários:

- Questionário Inicial (Anexo A)
- Estudo de Caso (Anexo B)
- Modelo de Kortland Adaptado para o Caso do prof. Antônio – História da Química (Anexo C)
- Papel, lápis e borracha
- Computador e projetor (opcional para apresentação).

Procedimentos:

1. Dividir os alunos em duplas e trios, explicando que desenvolvam as atividades da sequência didática preferencialmente com essa dupla ou trio até o final.
2. Distribuir o Questionário Inicial (Anexo A) e fazer a leitura das questões para os alunos promovendo uma discussão sobre elas.
3. Pedir para que os alunos registrem em uma folha de papel as respostas do Questionário Inicial.
4. Entregar o Estudo de Caso (Anexo B) e realizar a leitura em voz alta do mesmo para os alunos
5. Explicar sobre o que é o Modelo de Kortland, entregar Modelo de Kortland Adaptado para o Caso do prof. Antônio – História da Química (Anexo C)
6. Pedir para que preencham o Modelo de Kortland Adaptado para o Caso do prof. Antônio – História da Química (Anexo C).

3.2 Aula 2

Conteúdo

- Vitalismo e as Origens Filosóficas da Vida: Da Antiguidade Grega às Teorias de Aristóteles
- Pensamento Medieval: Ciência, Filosofia e Herança Cultural

Objetivos

- Explorar as bases filosóficas e históricas do Renascimento, com foco no Vitalismo e nas teorias filosóficas da Antiguidade e de Aristóteles.
- Estabelecer a conexão entre o pensamento medieval e a ciência, com ênfase na herança cultural e suas contribuições para a ciência moderna.

Duração da aula

- 1 hora e 40 minutos.

Recursos Necessários:

- Questionário 1
- Texto de apoio 1
- Questionário 2
- Texto de apoio 2
- Computador e projetor (opcional para apresentação).
- Papel, lápis e borracha

Procedimentos:

1. Dividir os alunos em duplas e trios (preferencialmente os mesmos da Aula 1).
2. Distribuir o Questionário 1, fazer a leitura das questões para os alunos promovendo uma discussão sobre elas e pedir para que os alunos registrem em uma folha de papel as respostas.
3. Realizar a explicação sobre o texto de apoio 1 para os alunos.
4. Distribuir o Questionário 2, fazer a leitura das questões para os alunos promovendo uma discussão sobre elas e pedir para que os alunos registrem em uma folha de papel as respostas.
5. Realizar a explicação sobre o texto de apoio 2 para os alunos
6. Pedir que elaborem um mapa conceitual para síntese dos principais conceitos abordados durante a aula.

3.3 Aula 3

Conteúdo
- A Ciência Renascentista: Magia, Alquimia e a Revolução do Conhecimento

Objetivos
- Introduzir a Ciência Renascentista, abordando aspectos como magia, alquimia e o impacto no conhecimento.

Duração da aula
- 1 hora e 40 minutos.

Recursos Necessários:
- Questionário 3
- Texto de apoio 3
- Computador e projetor (opcional para apresentação).
- Papel, lápis e borracha

Procedimentos:
1. Dividir os alunos em duplas e trios (preferencialmente os mesmos da Aula 1).
2. Distribuir o Questionário 3, fazer a leitura das questões para os alunos promovendo uma discussão sobre elas e pedir para que os alunos registrem em uma folha de papel as respostas.
3. Realizar a explicação sobre o texto de apoio 3 para os alunos.
4. Pedir que elaborem um mapa conceitual para síntese dos principais conceitos abordados durante a aula.

3.4 Aula 4

Conteúdo
- A Ciência Renascentista: Magia, Alquimia e a Revolução do Conhecimento

Objetivos
- Continuar a reflexão sobre a Ciência Renascentista, abordando aspectos como magia, alquimia e o impacto no conhecimento.

Duração da aula
- 1 hora e 40 minutos.

Recursos Necessários:
- Texto de apoio 3
- Computador e projetor (opcional para apresentação).

Procedimentos:
1. Continuar a explicação sobre o texto de apoio 3 para os alunos.
2. Pedir que elaborem um mapa conceitual para síntese dos principais conceitos abordados durante a aula.

3.5 Aula 5

Conteúdo
- Corpuscularismo e Mecanicismo: Abordagens à Compreensão da Natureza

Objetivos
- Abordar as teorias do corpuscularismo e mecanicismo como modelos científicos para explicar a natureza.
- Estimular a comparação entre as diferentes abordagens científicas sobre a natureza.

Duração da aula
- 1 hora e 40 minutos.

Recursos Necessários:
- Questionário 4
- Texto de apoio 4
- Computador e projetor (opcional para apresentação).
- Papel, lápis e borracha

Procedimentos:
1. Dividir os alunos em duplas e trios (preferencialmente os mesmos da Aula 1).
2. Distribuir o Questionário 4, fazer a leitura das questões para os alunos promovendo uma discussão sobre elas e pedir para que os alunos registrem em uma folha de papel as respostas.
3. Realizar a explicação sobre o texto de apoio 4 para os alunos.
4. Pedir que elaborem um mapa conceitual para síntese dos principais conceitos abordados durante a aula.

3.6 Aula 6

Conteúdo
- Explorando o Mecanicismo: A Abordagem Mecânica da Natureza

Objetivos
- Explorar o mecanicismo e suas implicações no desenvolvimento do pensamento científico moderno.

Duração da aula
- 1 hora e 40 minutos.

Recursos Necessários:
- Questionário 5
- Texto de apoio 5
- Computador e projetor (opcional para apresentação).
- Papel, lápis e borracha

Procedimentos:
1. Dividir os alunos em duplas e trios (preferencialmente os mesmos da Aula 1).
2. Distribuir o Questionário 5, fazer a leitura das questões para os alunos promovendo uma discussão sobre elas e pedir para que os alunos registrem em uma folha de papel as respostas.
3. Realizar a explicação sobre o texto de apoio 5 para os alunos.
4. Pedir que elaborem um mapa conceitual para síntese dos principais conceitos abordados durante a aula.

3.7 Aula 7

Conteúdo
- Atividade reflexiva: elaboração de um "diálogo imaginário" entre um cientista renascentista e um contemporâneo.

Objetivos
- Promover uma análise crítica das diferenças e semelhanças entre períodos históricos na ciência.
- Desenvolver habilidades de argumentação e criatividade dos alunos.

Duração da aula
- 1 hora e 40 minutos.

Recursos Necessários:
- Ficha de Trabalho: Elaboração do “Diálogo Imaginário” (Apêndice F)
- Recursos digitais para pesquisa na internet
- Lápis, caderno, borracha
- Computador e projetor (opcional para apresentação).

Procedimentos:
1. Dividir os alunos em duplas e trios (preferencialmente os mesmos da Aula 1).
2. Entregar a Ficha de Trabalho: Elaboração do “Diálogo Imaginário” (Apêndice F)
3. Orientar os grupos a elaborarem um diálogo que explore as continuidades e rupturas nas visões de ciência, integrando aspectos históricos e filosóficos discutidos nas aulas anteriores.
4. Concluir com a socialização dos diálogos, incentivando a participação e comentários críticos de outros grupos.

3.8 Aula 8

Conteúdo

- Proposta interdisciplinar: criação e apresentação de um trabalho que relacione um conceito químico ou filosófico moderno ao contexto do Renascimento.

Objetivos

- Desenvolver a capacidade de análise crítica e interdisciplinar dos alunos.
- Desenvolver habilidades de argumentação e criatividade dos alunos.

Duração da aula

- 1 hora e 40 minutos.

Recursos Necessários:

- Guias com temas e conceitos químicos e filosóficos sugeridos (Apêndice G)
- Materiais visuais ou digitais para elaboração de apresentações (computadores, cartolinas, marcadores).

Procedimentos:

1. Dividir os alunos em duplas e trios (preferencialmente os mesmos da Aula 1).
2. Orientar os grupos a elaborarem uma apresentação relacionando um conceito químico ou filosófico atual ao Renascimento
3. Distribuir o guia com sugestões de temas e conceitos (Apêndice G).
4. Concluir com a socialização da apresentação, incentivando a participação e comentários críticos de outros grupos.

3.9 Aula 9

Conteúdo
- Elaboração da resposta final ao estudo de caso proposto.

Objetivos
- Elaborar a resposta final ao estudo de caso proposto.

Duração da aula
- 1 hora e 40 minutos.

Recursos Necessários:
- Estudo de Caso (Anexo B)
- Modelo de Kortland Adaptado para o Caso do prof. Antônio – História da Química (Anexo C)
- Papel, lápis e borracha
- Computador e projetor (opcional para apresentação).

Procedimentos:
1. Dividir os alunos em duplas e trios (preferencialmente os mesmos da Aula 1).
2. Entregar o Estudo de Caso (Anexo B) e realizar a leitura em voz alta do mesmo para os alunos
3. Relembrar o que é o Modelo de Kortland, entregar Modelo de Kortland Adaptado para o Caso do prof. Antônio – História da Química (Anexo C)
4. Pedir para que preencham o Modelo de Kortland Adaptado para o Caso do prof. Antônio – História da Química (Anexo C).
5. Pedir para que elaborem, em formato de texto, digitado ou escrito, uma resposta para o Estudo de Caso proposto.

4 AVALIAÇÃO APÓS EXECUÇÃO DA SD

A avaliação desempenha um papel crucial nesse processo de ensino investigativo. A participação ativa dos alunos, sua capacidade de análise e resolução de problemas, bem como o desenvolvimento de habilidades cognitivas e sociais, são aspectos fundamentais a serem avaliados.

A avaliação é um processo contínuo que deve ocorrer ao longo de toda a sequência didática, e não apenas ao final das atividades. No dia a dia, é fundamental observar os seguintes aspectos:

- Participação e engajamento nas atividades propostas
- Trabalho em equipe e colaboração
- Respeito à diversidade de opiniões e contribuições

Esses elementos contribuem para uma avaliação mais dinâmica e completa, permitindo acompanhar o progresso dos alunos e identificar as áreas que necessitam de maior atenção.

O processo inclui a aplicação de questionários e um Estudo de Caso, e ambas as atividades necessitam ser devidamente avaliadas. Os questionários têm o objetivo de levantar o conhecimento prévio dos alunos, enquanto o Estudo de Caso, particularmente a resposta final, tem papel central na avaliação do aprendizado dos estudantes.

A atividade final do estudo de caso é de fundamental importância para avaliar a compreensão e a aplicação dos conceitos discutidos ao longo da sequência didática. Ela visa a elaboração de uma resposta detalhada ao estudo de caso proposto, com base nas diferentes perspectivas históricas e científicas abordadas em aula. Para garantir uma avaliação robusta e alinhada aos objetivos de ensino, destacamos sete índices que devem ser discutidos pelos alunos ao elaborar suas respostas:

1. **Interpretação do Contexto do Renascimento:** São identificadas as principais características do período histórico do Renascimento? Explica-se o Renascimento como um período de transição entre tradições místicas e o início do método científico?

2. **Capacidade de Reflexão Crítica e Reconhecimento das Complexidades Históricas**: Demonstra-se a capacidade de reflexão crítica sobre o impacto das diferentes visões científicas e filosóficas no período Renascentista? São discutidas as contradições e complexidades filosóficas do período histórico discutindo como estas influenciaram o desenvolvimento da ciência?

3. **Divergências e Convergências entre Textos dos Livros:** São discutidas as divergências entre os conteúdos históricos presentes nos textos dos livros fornecidos pelo estudo de caso? Identificam-se as razões históricas e filosóficas para as diferenças e busca-se integrar essas perspectivas em uma análise coerente?

4. **Integração Interdisciplinar:** Há sugestão/discussão de como a Química, Física e Biologia podem trabalhar juntas para uma atividade sobre o Renascimento? São verificadas conexões entre as áreas e propõe-se atividades interdisciplinares que refletem essa integração?

5. **Uso e Contextualização de Fontes Primárias:** Há contextualização e interpretação das fontes primárias citadas (como os textos atribuídos a Paracelso, Boyle e Newton)? Explica-se como essas fontes refletem o pensamento da época, incluindo tanto as visões místicas quanto científicas?

6. **Aplicação da História da Ciência no Ensino de Química:** Há sugestões de que o conhecimento histórico pode ser utilizado para tornar o ensino de Química mais relevante e engajador? É demonstrada compreensão de como contextualizar historicamente o conteúdo de Química para torná-lo mais acessível e relevante para os alunos?

7. **Contextualização Pedagógica e Desenvolvimento de Atividades Didáticas:** São propostas atividades práticas e viáveis para a atividade interdisciplinar sobre o Renascimento? Há consideração sobre as limitações práticas e o contexto escolar na elaboração dessas atividades?

Durante a análise das respostas fornecidas pelos alunos, esses sete índices devem ser utilizados como critério de avaliação, verificando como cada grupo abordou esses pontos. Isso proporcionará uma avaliação abrangente, permitindo a identificação das competências que foram bem desenvolvidas, assim como os aspectos que precisam ser aprimorados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente sequência didática foi planejada para explorar o uso da História e Filosofia da Ciência (HFC) como uma ferramenta pedagógica capaz de enriquecer o ensino de Química, proporcionando aos alunos uma visão mais crítica e contextualizada do desenvolvimento científico. O Renascimento, com sua complexidade histórica e suas rupturas paradigmáticas, oferece um pano de fundo ideal para abordar as mudanças na forma de produzir e pensar o conhecimento.

A fundamentação teórica e metodológica da sequência, pautada na Sequência de Ensino por Investigação (SEI) e no Estudo de Caso, favorece uma abordagem dinâmica, reflexiva e interdisciplinar. A SEI, conforme Carvalho (2013), possibilita a sistematização de conhecimentos, a aplicação prática e o estímulo à reflexão crítica, enquanto o Estudo de Caso, alinhado às discussões de Allchin (2013), proporcionou uma imersão em situações históricas reais. Dessa forma, os alunos serão desafiados a analisar textos de fontes primárias e secundárias, interpretar contextos históricos, e discutir as transições entre misticismo, alquimia e a emergência do método científico.

A aplicação planejada busca alcançar objetivos como a interpretação do contexto histórico do Renascimento, a análise crítica de fontes primárias e secundárias, e a articulação interdisciplinar de conceitos científicos, filosóficos e sociais. Esse enfoque se alinha às discussões de Sá e Queiroz (2010), que apontam a relevância de abordagens contextualizadas para engajar os alunos e fomentar uma compreensão mais profunda da ciência e sua história. Além disso, o Modelo de Tomada de Decisão de Kortland, conforme adaptado por Silva et al. (2016), será fundamental para estimular nos estudantes a capacidade de reflexão fundamentada e resolução de problemas complexos.

Os sete índices avaliativos elaborados para a análise dos resultados serão cruciais para verificar o impacto da sequência no aprendizado dos alunos e no desenvolvimento de habilidades como colaboração, argumentação e tomada de decisões conscientes. A partir da aplicação inicial, será possível identificar pontos fortes e oportunidades de aprimoramento, contribuindo para o refinamento das futuras atividades pedagógicas baseadas nessa metodologia.

Por fim, esta sequência reafirma o potencial transformador do uso da HFC no ensino de ciências, ampliando a compreensão dos alunos sobre a ciência como uma atividade profundamente humana, situada em seus contextos histórico, social e cultural. Como argumenta Allchin (2013), ensinar ciência por meio de narrativas históricas permite não apenas uma maior integração dos conteúdos escolares, mas também um ensino mais significativo e relevante. Assim, espera-se que a aplicação desta sequência não apenas fortaleça o conhecimento dos alunos sobre Química, mas também contribua para a formação de uma visão mais ampla, crítica e reflexiva sobre a ciência e suas inter-relações com a sociedade.

REFERÊNCIAS

ALLCHIN, D. **Teaching the Nature of Science:** Perspectives & Resources. Saint Paul: SHiPS Education Press, 2013.

ALVES, M; BEGO, A. M. A Celeuma em Torno da Temática do Planejamento Didático-Pedagógico: Definição e Caracterização de seus Elementos Constituintes. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 20, n. u, p.71–96, 2020. Disponível em: https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/14625. Acesso em: 24 jan. 2025.

ANDRADE, M. F. D.; SILVA, F. C. Destilação: uma sequência didática baseada na História da Ciência. **Química nova na escola**, v. 40, n.2, p.97-105, 2017.

CARVALHO, A. M. P. **Ensino de ciências por investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CHAVES, L. M. M. P.; SANTOS, W.L. P.; CARNEIRO, M. H. S. História da Ciência no Estudo de Modelos Atômicos em Livros Didáticos de Química e Concepções de Ciência. **Química nova na escola**, v.36, n.4, p.269-279, 2014.

HENRY, J. A revolução científica e as origens da ciência moderna. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1998.

KORTLAND, K. "An STS Case Study about Students' Decision Making on the Waste Issue". **Science Education**, vol. 80, n. 6, 1996, p. 673.

MARTINS, A. F. P. História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 112-131, 2007.

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

MOURA, B. A. O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência? **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 32-46, 2014.

QUINTAL, J.R.; GUERRA, A. A história da ciência no processo ensino-aprendizagem**. A Física na Escola**, v.10, n. 1, p. 21-25, 2009.

SÁ, L.P.; QUEIROZ, S.L. **Estudo de casos no ensino de química**. Campinas: Editora Átomo, 2010, 93p.

SILVA, D. G. et al. Modelo de tomada de decisão de kortland no delineamento de atividade didática para o ensino de bioquímica. **Revista de Graduação USP**, v. 1, n. 2, p. 89-93, 2016.

APÊNDICES

Apêndice A - Questionário Inicial

1 - O que você entende por cosmovisão? Como você descreveria a importância da cosmovisão no desenvolvimento da ciência ao longo da história?

2 - O Renascimento foi um período importante na história da humanidade. O que você sabe sobre esse período? Quais foram algumas das principais mudanças culturais, científicas e filosóficas que ocorreram durante o Renascimento?

3 - Na visão dos estudantes, o que representa o termo "mecanicismo"? Quais são os principais princípios associados a essa abordagem científica?

4 - Você acredita que a ciência durante o Renascimento era única e uniforme, ou havia diferentes perspectivas e abordagens científicas naquele período? Explique sua resposta.

5 - Como você acha que as concepções sobre ciência e conhecimento científico podem ser influenciadas pela cultura e filosofia da época?

6 - Você conhece algum cientista ou pensador importante que tenha contribuído para o desenvolvimento da ciência durante o Renascimento? Quais foram suas principais ideias ou descobertas?

Apêndice B – Estudo de Caso

Estudo de Caso: O desespero historiográfico de Antônio

Antônio é um querido amigo seu. Ele é professor da educação básica e vocês se conheceram enquanto você executava atividades didáticas, de uma disciplina da licenciatura, na escola em que ele trabalhava. Antônio sempre aproveitou sua presença para discutir sobre questões relacionadas a formação dele , já que ele é formado há muitos anos, e também sobre todo o contexto educacional atual.

Você então é surpreendido em uma manhã recebendo de Antônio o seguinte e-mail:

Assunto: Preciso da sua ajuda com a atividade sobre o Renascimento!

E aí!
Espero que esteja tudo tranquilo contigo. Preciso desabafar e pedir sua ajuda nessa parada toda da atividade interdisciplinar da escola. Sabe como é, a escola tá querendo se adaptar aos novos direcionamentos educacionais, saca? Eles tão valorizando muito o uso da história da ciência agora né. Já faz um tempo na verdade né, desde os PCNEM.
Aí, olha só, eles nos pediram pra fazer uma atividade sobre o desenvolvimento da ciência durante o Renascimento. Pois é, eu fui escolhido pra representar a Química, mas estou com uma baita confusão na cabeça!
Até agora, ninguém sabia muito bem como fazer essa atividade, e eu, como o professor de Química, estou meio que na linha de frente disso tudo. Mas calma, a galera de Física e Biologia também está nessa comigo. Eles tão empolgados e falam que a gente precisa mostrar como a ciência deu uma reviravolta nesse período, valorizando a razão e inventando o método científico.
O problema é que, quando fui buscar informações nos livros, parece que cada um conta uma história diferente! Tem uns trechos que falam de coisas esquisitas, misticismo, e outros que exaltam a ciência racional. Confesso que estou um pouco perdido e estou me sentindo um peixe fora d'água nessa missão. Vou te mostrar.

Livro 1

Os estudos sobre processos químicos eram desenvolvidos por diversos filósofos e, sobretudo, pelos alquimistas. Até a Idade Média, tais estudos se fundamentavam em teorias obscuras, mas, aos poucos, novos estudiosos adotaram os métodos experimentais da Ciência moderna e novas teorias foram surgindo para explicar as transformações químicas. Por exemplo, o médido, filósofo e alquimista suíço Paracelso, Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohnheim (1943-1541), mesmo ainda ligado à Alquimia desenvolveu estudos que deram início á Química médica (quimiatria ou iatroquímica).

Livro 2

O que se pretende destacar é que as descobertas que marcaram a Química no período em que ela começava a se estruturar como ciência fizeram parte de um processo que ocorreu em um período histórico e em certas sociedades que o favoreceram. Nesse sentido, vale destacar que esse processo foi influenciado pelo que aconteceu no decorrer do século XVI quando houve avanços importantes no campo da Física e da Astronomia.
Esse período se caracterizou pelo domínio da razão, da experimentação, em oposição às ideias dominantes na Idade Média (período histórico compreendido entre os séculos V e XVI) fortemente marcados por interpretações místicas do cosmo.

Livro 3

A concepção atomista para a matéria foi utilizada ao longo dos séculos; no entanto ela só ganhou força por volta do século XVII, com a mudança na maneira de estudar a natureza. Essa mudança envolveu muitos fatores entre os quais podem-se destacar: o desenvolvimento do conceito moderno de experimento; a crítica ao conhecimento ensinado nas universidades medievais, fundamentados em autores da Antiguidade Clássica e em textos árabes; o surgimento de sociedades científicas nas quais as novas investigações sobre a natureza em compartilhadas e validadas por seus membros participantes. Assim as ideias dos filósofos materialistas foram reinterpretadas e ampliadas em um novo contexto científico. Destacam-se aqui os trabalhos de René Descartes (1596-1650), de Isaac Newton (1642-1727) e de Robert Boyle (1627-1691), que serão estudados em outras disciplinas.

Livro 4

A partir do renascimento, no século XVI, o atomismo foi retomado por uma corrente de pensamento que teria grande sucesso na Física: o mecanicismo, segundo o qual o mundo funcionava como uma grande máquina, precisa e exata.

Aí, resolvi buscar trechos originais de autores da época pra tentar entender melhor, mas agora estou ainda mais confuso! Tem citações que vão de visões místicas e alquímicas até um foco total na razão e observação sistemática. Estou ficando de cabelo em pé com isso tudo! Eu adicionei no e-mail **um anexo** com estes textos.
Então, lembrei de você, meu amigo! Sei que seu curso é mais recente, acho que você deva estudar história da ciência aí não? Será que você pode me dar uma força com esta situação?
Tenho certeza de que sua ajuda vai fazer toda a diferença!

Abração,

Antônio (Professor de Química)

Ajude Antônio respondendo ao e-mail dele. Procure contextualizar historicamente o período do Renascimento articulando os elementos apontados por Antônio no e-mail que lhe causaram estranheza.

ANEXOS

Texto I – Atribuído a Paracelso

Mas direi que onde existe fumaça, lá estará a segunda substância, volatilizada e sublimada pelo fogo. Porque ainda que o mercúrio não seja visível separadamente em seu primeirocestado, o é pelo contrário no momento de sua fuga, quando se transforma em fumo, último estado sob o qual nao pode se fixar, permanecendo assim incapturável.

Da mesma forma, tudo aquilo que arde, aparecendo aos nossos olhos em esplêndidas brasas, e o enxofre. Pois assim como o mercúrio se sublima pela virtude de sua volatibilidade, o enxofre, que é fogo, representa a terceira substância das que formam a constituição do corpo. Depois do que foi exposto devemos deduzir a teoria que nos permita estabelecer claramente a natureza do mercúrio, do enxofre e do sal que encontramos na madeira e em todas as outras materias, e em que grau e forma entram na composição do microcosmo (do homem). Pois já sabemos que o corpo do homem não é outra coisa senão que enxofre, mercurio e sal: substâncias onde se alojam a saúde e as doenças, e tudo o que se relacione com elas.

Texto II – Atribuído a Boyle

Por meio desse movimento ou mola do ar, o que quero dizer é o seguinte: nosso ar consiste, pelo menos em grande quantidade, em partes de tal natureza que, quando são dobradas ou comprimidas pelo peso da parte incidente da atmosfera ou por qualquer outro corpo, elas se esforçam, na medida do possível, para se libertar dessa pressão, empurrando os corpos contíguos que as mantêm dobradas. Assim que esses corpos são removidos ou reduzidos para dar-lhes espaço, elas se desdobram e se esticam imediatamente, total ou parcialmente, conforme permitido pelos corpos contíguos que as resistem, expandindo assim o conjunto inteiro de ar que esses corpos elásticos compõem.

Texto III – Atribuído a Newton

A alquimia não lida com metais, como pensa o vulgo ignorante, cujo equívoco tem causado tanta aflição à nobre ciência [...] Esta filosofia não pertence aquele tipo que tende à vaidade e ao engano, porém, antes se volta para proveito e edificação, induzindo primordialmente ao conhecimento de Deus e, em segundo plano, sugere a descoberta de veículos de cura para as criaturas [...] Seu escopo é a glorificação de Deus a partir do seu maravilhoso trabalho, para ensinar aos homens como viver bem [...] Esta filosofia, simultaneamente especulativa e operativa, não deve apenas ser identificada no corpo da natureza, mas também nas sagradas escrituras, como no Gênesis, Jó, Salmos, Isaías e outros. Deus

fez de Salomão o maior de todos os filósofos do mundo, no que respeita ao conhecimento desta mesma filosofia.

[...] esta terra assemelha-se a um grande animal, ou melhor, a um vegetal inanimado, que suga o sopro etéreo para seu revigoramento diário e seu fermento vital, e torna a transpirá-lo com grandes exalações. E, de acordo com a situação de todos os outros seres vivos, deve ter seus tempos de início, juventude, velhice e perecimento. Esse é o espírito sutil que vasculha os recônditos mais ocultos de toda a matéria mais espessa, que penetra em seus mais ínfimos poros e os separa mais sutilmente do que qualquer outra força material que exista. [...] esse é o agente universal da natureza, sua chama secreta, fermento e princípio único de toda a vegetação. [É] a alma material de toda a matéria, que, sendo constantemente inspirada de cima, permeiaa e se consolida com ela numa forma, e depois, se incitada por um calor suave, ativa-a e lhe dá vida [...] E assim, talvez uma grande parte da matéria sensível, se não todas as suas moles (sua massa), nada mais é do que éter congelado e entremeado em várias texturas [...] e, portanto, parece ser esse o princípio de sua ação [...] decompor o corpo e ser mutuamente condensado por ele, e assim misturar-se numa forma, sendo de uma mesma raiz, e crescer junto até que o composto atinja o mesmo estado que tinha o corpo antes da dissolução. Portanto, 1. A Terra precisa de um suprimento constante e renovado de éter; 2. Os corpos tornam-se sutis pela dissolução. [...] Observe-se que é mais provável que o éter seja apenas um veículo de algum espírito mais ativo. E os corpos podem ser uma concentração de ambos, podem impregnar-se de éter e de ar na geração, e nesse éter está emaranhado o espírito.

Apêndice C - Modelo de Kortland Adaptado para o Caso do prof. Antônio – História da Química

1) Identificação do problema

a) Assunto: Explicar em linhas gerais o assunto do caso e fazer um levantamento do que é necessário para solucioná-lo.

2) Produção de critérios

b) Pesquisa das características do problema:

Quais os vínculos científicos que o caso apresenta? Ou seja, que assuntos científicos estão relacionados com o problema?

c) Julgamento de valor – gravidade do problema:

Fazer um julgamento da gravidade do problema descrito no caso. Justificar a resposta.

3) Geração de alternativas

d) Inventário de medidas:

Quais diferentes tipos de medidas normalmente são tomados diante da situação apresentada?

Qual a causa e origem das dúvidas do prof. Antônio sobre o período histórico citado?

Será mesmo o Renascimento um período de abrupta ruptura e total renovação?

Por que os textos dos livros didáticos e históricos que Antônio lhe apresenta parecem tão distintos?

Quais são os principais elementos relacionados a natureza da ciência fundamentais para compreensão deste período?

4) Avaliação das alternativas

e) Pesquisa das características das medidas:

As medidas acima citadas são suficientes para resolver o problema?

Que outras medidas importantes deveriam ser tomadas?

5) Escolha da solução

f) Julgamento de valores da melhor solução:

Quais medidas são mais adequadas para a resolução do caso?

Explicar as vantagens e desvantagens das opções escolhidas em relação a outras possíveis soluções.

6) Ação

g) Estabelecimento de um plano de ação:

Apresentem a medida que vocês julgaram mais adequada para a resolução do problema do prof. Antônio

h) Execução da decisão.

7) Conclusão

Apêndice D – Questões iniciais para as aulas 2 a 6

Questionário 1
Aula 2 - Vitalismo e as Origens Filosóficas da Vida: Da Antiguidade Grega às Teorias de Aristóteles
1 - Qual é a essência da vida, e como nossa busca por essa resposta influenciou a forma como percebemos o mundo e nossa existência no universo?
2 - Em que medida nossa compreensão moderna da vida e da natureza ainda é influenciada pelas visões antigas de filósofos como Aristóteles? Como essas visões antigas ainda lançam sombras sobre nossa perspectiva atual sobre a vitalidade e a existência?

Questionário 2
Aula 2 - Pensamento Medieval: Ciência, Filosofia e Herança Cultural
1 - Antes de começar a explorar o tema do pensamento medieval, reflita sobre como a filosofia e a ciência eram abordadas nesse período histórico. Como você imagina que a visão de mundo da Idade Média foi influenciada pela filosofia e pela compreensão da natureza?
2 - Considere a importância das obras de Aristóteles na Idade Média e como elas foram valorizadas e estudadas. Como você acha que o pensamento aristotélico moldou o pensamento medieval e contribuiu para o desenvolvimento da filosofia e da ciência nesse período?
3 - O que você entende por alquimia e como acha que ela estava relacionada ao pensamento medieval? Quais são as principais ideias ou conceitos que vêm à mente quando se fala em alquimia na Idade Média?

Questionário 3
Aula 3 - A Ciência Renascentista: Magia, Alquimia e a Revolução do Conhecimento
1 - Como você imagina que o Renascimento comercial e social tenha influenciado a maneira como as pessoas viam o mundo e buscavam conhecimento científico? Quais mudanças você acredita que podem ter ocorrido durante esse período?
2 - Antes de explorar os textos sobre o Renascimento, quais são suas expectativas em relação às conexões entre ciência, filosofia e crenças mágicas e alquímicas nesse período histórico?

Questionário 4
Aula 5 - Corpuscularismo e Mecanicismo: Abordagens à Compreensão da Natureza
1 - Você já ouviu falar sobre atomismo e corpuscularismo? Se sim, o que você sabe sobre essas teorias? Se não, o que você imagina que seja? Como essas teorias podem ter influenciado a forma como vemos a matéria hoje?
2 - Como você acha que as teorias sobre a composição da matéria eram no período do Renascimento? Elas eram baseadas em quais princípios filosóficos e científicos? Como essas teorias desenvolvidas para a evolução do pensamento científico da época e para a compreensão moderna da matéria?

Questionário 5
Aula 6 - Explorando o Mecanicismo: A Abordagem Mecânica da Natureza

1. Antes de prosseguir com a leitura do texto a seguir, gostaria de compreender a sua perspectiva sobre o Mecanicismo. O que você entende por essa abordagem filosófica? Qual é a sua concepção inicial dessa filosofia e como você a descreveria? Quais ideias ou princípios você associa a ela?
2 - Como você acredita que o Mecanicismo tenha influenciado a forma como os cientistas e filósofos do passado entenderam a natureza e os fenômenos naturais? Você pode fornecer exemplos de como essa abordagem moldou suas visões?
3 - O Mecanicismo, em sua opinião, é uma abordagem válida para compreender o mundo natural? Por quê?

Apêndice E - Texto de apoio para os estudantes

Texto de Apoio 1: Vitalismo e as Origens Filosóficas da Vida: Da Antiguidade Grega às Teorias de Aristóteles

O vitalismo é uma corrente de pensamento filosófico e científico que sustenta a existência de uma força vital ou energia vital distintiva, que anima os organismos vivos e os diferencia dos objetos inanimados. Essa concepção é baseada na ideia de que há uma entidade ou princípio não físico que confere vida aos seres vivos, além das leis naturais e das propriedades físicas e químicas da matéria.

A visão vitalista do universo como um organismo, em que o homem é considerado uma parte inseparável, remonta a filósofos antigos, como Platão e Aristóteles, e persistiu durante a Idade Média, com influências da tradição neoplatônica e cristã. A relação entre o macrocosmo e o microcosmo, baseada na crença de que Deus criou o homem à sua imagem, levou a uma correspondência entre o homem e o universo, encontrada na alquimia por exemplo (DEBUS, 2002; GANGUILHEM, 2012).

Desde os filósofos pré-socráticos, há uma preocupação em encontrar o elemento primordial que constituiria todas as coisas. A palavra "elemento" aqui não deve ser considerada com a definição atual, mas como algo intrínseco e constituinte de todas as coisas.

Um exemplo é Tales de Mileto, que acreditava que a água era o princípio último e primordial, a partir do qual os outros elementos derivavam. Essa água poderia se transformar em ar através da evaporação. Anaxímenes considerava o ar (Pneuma) como o princípio fundamental, enquanto Anaximandro afirmava que era o Apeiron (indefinido), e Anaxágoras postulava a existência de um espírito (nous) que se unia às outras substâncias. Segundo essa visão, cada partícula de matéria continha partes de todos os elementos. Para Heráclito, o princípio primordial era o Logos (proporção, razão), sendo o fogo ao mesmo tempo o último princípio e o agente transformador. Empédocles propôs a existência de quatro elementos - terra, água, ar e fogo - presentes em todas as formas de matéria, sendo combinados ou separados pelo amor e ódio, considerados como as duas "forças universais". Embora não tenha utilizado o

termo "elemento" especificamente, seu conceito se assemelha ao conceito moderno de elemento. Segundo Empédocles, o mundo era composto por sementes ou divisões infinitesimais da matéria, contendo os quatro elementos, que se combinavam para formar todas as coisas. Para Pitágoras (séc. VI a.C.), o princípio constitutivo dos seres é representado pelos números, os quais são entendidos como o Ser e possuem uma existência real. Já Parmênides de Eleia defendia que a verdadeira filosofia não pode ter como base a experiência do mundo sensível, sendo alcançada somente pelo pensamento (SILVA, 2006).

Os gregos também deixaram uma importante contribuição para o conceito de átomo. Demócrito, discípulo de Leucipo, é creditado com a teoria atomista na qual os átomos são considerados partículas indivisíveis, indestrutíveis e de mesma natureza, mas diferem em tamanho, posição, ordem e forma. Essa perspectiva grega sustenta que somente os átomos e o espaço vazio existem. De acordo com a visão aristotélica, a região sublunar era composta pelos quatro elementos: Terra, Água, Fogo e Ar. A Terra, como elemento mais pesado, teria um movimento natural em uma esfera localizada no centro geométrico do universo. A Água, também pesada, mas menos do que a Terra, teria seu próprio invólucro esférico em torno da região central da Terra. Já o Fogo, o elemento mais leve, formaria seu próprio invólucro abaixo da esfera da Lua. O Ar, outro elemento leve, preencheria o restante do invólucro entre a Água e o Fogo. Na ausência de forças externas vindas do céu, cada elemento terrestre permaneceria em repouso na parte da região terrestre onde era naturalmente situado (KUHN, 2017). Ainda, cada um dos quatro elementos tinha um "lugar natural", e se não houvesse nenhum impedimento, eles se moveriam em direção a esse lugar. Por exemplo, os corpos que caíam naturalmente em direção ao centro da Terra o faziam porque seu elemento predominante era pesado, enquanto aqueles que subiam o faziam porque seu elemento predominante era leve (GRANT, 2002).

Por outro lado, Aristóteles condenava a ideia do vazio proposta pelos atomistas, acreditando que todo o espaço era preenchido por uma matéria sutil, como um éter, criando assim a "quintessência", que preencheria esses "espaços vazios". Ele chegou a essa conclusão ao observar que os quatro elementos naturais se moviam em linha reta, enquanto os corpos celestes se moviam em órbitas circulares. Para Aristóteles, o movimento circular dos corpos celestes só

poderia ser explicado por meio de outro tipo de elemento: o éter, que se movia naturalmente em círculos, um movimento considerado superior porque a circunferência era uma figura completa em si mesma (GRANT, 2002).

Cada um dos quatro elementos de Aristóteles possuía duas qualidades (quente, frio, seco e úmido) e a alteração dessas qualidades poderia resultar em uma transmutação do elemento, processo esse que era objetivo principal da alquimia, como será discutido adiante (ALFONSO-GOLDFARB, 2001; MAAR, 2008). Ele também era contrário à ideia de ação à distância, argumentando que um corpo não pode agir onde não está presente. Seu trabalho teve uma grande influência no pensamento científico ocidental por cerca de dois mil anos (SILVA, 2006).

Segundo Aristóteles, todo o universo era contido dentro da superfície exterior de uma esfera de estrelas. Em todos os pontos dentro dessa esfera existia algum tipo de matéria, já que para Aristóteles, não poderia haver vácuos ou buracos no universo. Fora da esfera, nada existia, nem matéria nem espaço, absolutamente nada (KUHN, 2017). Aristóteles acreditava que o éter era a substância primordial que constituía os planetas e as estrelas, assim como as esferas concêntricas que explicavam os movimentos celestes. Ele sustentava que existiam precisamente cinquenta e cinco esferas cristalinas feitas de éter, que incorporavam o sistema matemático das esferas homocêntricas desenvolvido por Eudoxo e Calipo. Embora algumas dessas esferas fossem matematicamente redundantes, eram necessárias para manter o movimento de todo o conjunto de esferas concêntricas por meio de conexões mecânicas. Como o universo estava completamente preenchido, todas as esferas estavam em contato e, ao roçarem umas nas outras, geravam movimento para todo o sistema (KUHN, 2017).

Segundo Aristóteles, a esfera da Lua divide o universo em duas regiões distintas, cada uma preenchida por diferentes tipos de matéria e sujeita a leis diferentes. A região terrestre, onde a humanidade habita, é caracterizada por mudanças constantes, nascimento e morte, geração e corrupção. Em contrapartida, a região celestial é eterna e imutável. Entre os elementos, somente o éter é considerado puro e incorruptível (KUHN, 2017).

Aristóteles acreditava que os espaços celestes vazios eram preenchidos por esferas etéreas invisíveis e transparentes, que se encaixavam umas nas outras e giravam em movimentos regulares e uniformes. Segundo sua visão, os

corpos celestes estavam de alguma forma embutidos nessas esferas, que os transportavam consigo. O conceito de Deus de Aristóteles está relacionado ao motor inamovível que está associado à esfera das estrelas físicas, que é a fronteira do mundo físico (GRANT, 2002).

Para Aristóteles, a base de todos os corpos é a matéria-prima, que, embora real, não tem existência independente. Ao se unir a duas qualidades contrárias, a matéria-prima se elevaria a um nível de elemento, por exemplo, a terra teria as qualidades de frio e seco, enquanto a água possuiria as qualidades de frio e umidade (GRANT, 2002).

Aristóteles acreditava que os corpos da região terrestre não eram elementos puros, mas sim compostos de dois ou mais elementos, denominados "corpos mistos". Cada corpo é composto de matéria e forma, em que a matéria prima é o substrato ao qual a forma se torna inerente. A forma de um corpo é composta pelas suas características essenciais, ou seja, as propriedades que definem sua natureza. Cada corpo pertence a uma espécie específica e possui as propriedades e características da sua espécie. Se não houver impedimentos, o corpo agirá de acordo com suas propriedades naturais (GRANT, 2002).

Segundo Aristóteles, todo efeito era produzido por quatro causas que agiam simultaneamente: a causa material (aquilo de que algo é feito), a causa formal (a estrutura básica que é imposta a algo), a causa eficiente (o agente responsável pela ação) e a causa final (o objetivo ou finalidade para o qual a ação é realizada). Além disso, Aristóteles também estudou os tipos de mudanças que as quatro causas poderiam originar: mudança substancial, mudança qualitativa, mudança quantitativa e mudança de lugar. Na mudança substancial, as formas ou qualidades eram potencialmente substituíveis por suas contrárias, o que resultava na transformação de uma substância em outra. Sendo assim, o fogo, caracterizado pelas qualidades fundamentais de calor e secura, pode se transformar em terra, que possui as qualidades fundamentais de secura e frio, quando o calor é substituído pelo frio, que é a qualidade oposta ao calor (GRANT, 2002). Na seção seguinte, será explorado como essas teorias aristotélicas exerceram influência no pensamento medieval.

REFERÊNCIAS

ALFONSO-GOLDFARB, A. M. **Da alquimia à química**. São Paulo: Landy Editora. 2001

DEBUS, A. G. **O homem e a natureza no Renascimento.** Portugal: Porto Editora, 2002.

GANGUILHEM, G. **O conhecimento da vida.** Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2012.

GRANT, E. **Os fundamentos da ciência moderna na Idade Média.** Portugal: Porto Editora, 2002.

KUHN, T. S. **A revolução copernicana.** Lisboa: Edições 70, 2017.

MAAR, J. H. **Historia da Química - Primeira Parte - Dos Primórdios a Lavoisier**. Florianópolis: Conceito, 2008.

SILVA, C. C. **Estudos de história e filosofia das ciências**: subsídios para a aplicação no Ensino. 1. Ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

Texto de apoio 2: Pensamento Medieval: Ciência, Filosofia e Herança Cultural

Durante a Idade Média, o pensamento aristotélico teve um impacto significativo. As obras de Aristóteles eram altamente valorizadas, amplamente estudadas e comentadas. Quando traduzidas para o latim, essas obras se espalharam e se tornaram essenciais na Europa Ocidental. O conhecimento sobre Aristóteles não veio apenas de suas próprias escritas, mas também dos comentários de gregos, árabes e traduções latinas de tratados não aristotélicos que incorporavam suas ideias. Os estudiosos medievais também contribuíram com seus próprios comentários. Esse conjunto de conhecimento é conhecido como Aristotelismo e desempenhou um papel fundamental na vida intelectual da Idade Média (GRANT, 2002).

Na Baixa Idade Média, a filosofia natural aristotélica passou por mudanças significativas na abordagem ao movimento. As explicações de Aristóteles sobre movimento natural e violento foram em grande parte abandonadas, exceto pela interpretação dos corpos mistos, que permaneceu aceitável. Surgiu a ideia de que um corpo misto poderia ser composto por até quatro elementos, e o elemento predominante não mais determinava seu movimento natural. Em vez disso, as forças dos elementos leves e pesados passaram a ser consideradas, com a força total de cada um determinando a direção do movimento. Nos corpos mistos, os elementos leves e pesados eram compostos por partes ou graus, e a

soma dessas partes determinava a qualidade motora predominante e, consequentemente, a direção do movimento. Quanto maior a razão entre as partes pesadas e leves, maior seria a velocidade do movimento descendente, e o oposto era verdadeiro para o movimento ascendente (GRANT, 2002).

Mais tarde, foi concebido que o peso e a leveza atuavam como forças ou qualidades opostas dentro de um corpo misto. A qualidade com mais graus, seja leve ou pesada, era considerada a força motriz, enquanto a oposta era vista como resistência. Isso permitiu que cada corpo misto tivesse sua própria força motriz e resistência, possibilitando seu movimento em espaços vazios. Em contraste, os corpos elementares não podiam se mover no vácuo (GRANT, 2002).

Os filósofos naturais medievais adotaram indiretamente a Hipótese dos Planetas de Ptolomeu, incorporando elementos compatíveis com o sistema concêntrico de Aristóteles. Eles diferenciaram entre "orbe total" (uma esfera concêntrica com o centro na Terra ou no centro do universo) e "orbe parcial" (uma esfera excêntrica com o centro fora do centro do universo), combinando assim as duas cosmologias. Contudo, a inclusão de órbitas excêntricas nas esferas concêntricas de Aristóteles implicou em aceitar algumas limitações. Com o avanço subsequente da astronomia e as necessidades da teologia cristã, os filósofos naturais tiveram que considerar pelo menos três esferas totais adicionais além das estrelas fixas (GRANT, 2002).

No século XII, alguns teólogos descreveram a esfera empírea como um lugar de luminosidade deslumbrante habitado por Deus, anjos e os bem-aventurados. Embora Deus fosse capaz de ser a causa eficiente do movimento dos orbes celestes, os filósofos naturais medievais acreditavam que Ele havia delegado essa tarefa para uma causa secundária criada por Ele mesmo. A maioria acreditava que Deus havia designado um anjo externo e distinto, ou inteligência, para mover cada orbe, enquanto uma minoria argumentava que Ele havia escolhido uma força interna para manter os orbes celestiais em movimento perpétuo (GRANT, 2002).

Durante a Idade Média, a visão predominante era que a natureza refletia uma ordem divina. Embora a ciência medieval estivesse sujeita a restrições da Igreja, ela contribuiu para o progresso científico futuro. As principais áreas de estudo incluíam ciências naturais, medicina, matemática e alquimia. A alquimia,

acredita-se, surgiu devido a influências místicas de várias civilizações, como a associação dos deuses planetas com metais na religião astral caldeia, a crença dualística na Mesopotâmia, e as práticas místicas relacionadas à busca pela imortalidade no Egito. A influência da religião Zoroástrica e astrologia babilônica também desempenhou um papel na origem da alquimia, resultando em características específicas em cada civilização, mas com semelhanças (ALFONSO-GOLDFARB, 2001; MAAR, 2008).

A distinção entre a alquimia e a metalurgia residia na busca dos alquimistas por compreender os segredos da matéria. Eles acreditavam que os metais tinham uma espécie de vida, crescendo dentro da Terra. Após a exploração, as minas eram fechadas para permitir a regeneração dos minerais (ALFONSO-GOLDFARB, 2001).

Os alquimistas viam os metais como resultado de um processo semelhante à gestação dentro da Terra, influenciado pelos sete planetas, incluindo o Sol, a Lua e os cinco planetas visíveis a olho nu. Se um metal extraído não fosse ouro, consideravam-no um "aborto" e buscavam, em seus laboratórios, realizar o que a natureza não havia completado: transformar o metal em ouro. Para eles, os fornos eram ambientes artificiais onde o mineral completaria seu processo de gestação (BURCKHARDT, 1976; ELIADE, 1974).

Após a morte de Maomé, os árabes expandiram seus territórios e entraram em contato com novas culturas. A alquimia islâmica foi influenciada principalmente pela alquimia alexandrina, mas também incorporou elementos da alquimia chinesa e indiana. Da alquimia chinesa, vieram conceitos como o "elixir" da longevidade e a união entre o ser humano e o universo, onde o elixir podia transferir qualidades de um corpo para outro. A alquimia chinesa, influenciada pelo taoísmo, introduziu o dualismo Yin e Yang, representando princípios masculinos e femininos, assim como o sol e a lua, além de reconhecer a existência de cinco elementos - água, terra, fogo, madeira e metal - associados a diferentes partes do corpo humano. Na alquimia chinesa, a transmutação do ouro visava à busca da perfeição, produzindo ouro artificial que era considerado superior, pois resultava do controle das forças naturais e do tempo (ALFONSO-GOLDFARB, 2001).

Na tradição da alquimia islâmica, o primeiro alquimista foi o príncipe Khalid Ibn Yazid, que se mudou de Damasco para Alexandria. Ele foi discípulo de

Marianos, que, por sua vez, aprendeu com Estéfano de Alexandria, estabelecendo uma ligação entre a alquimia islâmica e a alquimia alexandrina. Alguns nomes importantes na alquimia islâmica incluem Jabir, Razes e Avicena. Jabir, um influente alquimista islâmico, desenvolveu sua teoria da matéria com base nos quatro princípios aristotélicos, expressando-os em termos de qualidades: calor, frio, umidade e secura. Segundo ele, todos os metais são compostos por duas dessas qualidades, determinando suas propriedades, uma teoria conhecida como a teoria dos balanços. Essas qualidades são consideradas externas, e Jabir argumentou que cada metal contém inerentemente as outras duas qualidades como características internas. Por exemplo, o ouro possui as qualidades externas de calor e umidade, mas internamente possui frio e secura, que são as qualidades externas da prata. Para Jabir, converter prata em ouro requer apenas realçar as qualidades internas do ouro, usando um elixir (LEICESTER, 1971).

Destacam-se nesse período alguns autores, sendo Alberto Magno o principal naturalista da Idade Média. Em uma de suas obras, ele descreve a formação dos minerais na crosta terrestre e estabelece uma conexão entre as ideias de Aristóteles e Avicena. Para isso, ele compara a "umidade untuosa e sutil" e a "terra sutil" de Aristóteles com o "enxofre" e o "mercúrio" mencionados por Avicena (MAAR, 2008).

Roger Bacon é reconhecido por elevar a alquimia ao status de valorosa para estudo filosófico. Ele demonstrou interesse por conhecimentos práticos, como os apotecários, alquimistas, engenheiros e astrólogos, e estudou obras de Pseudo-Aristóteles e Pseudo-Avicena. Bacon acreditava que os metais eram compostos por enxofre e mercúrio, e que metais desequilibrados poderiam ser transformados em ouro perfeito por meio de um "remédio". Ele se dedicou à "alquimia operativa" e descreveu processos para a obtenção do elixir em sua obra Opus minus. Além da alquimia, Bacon também incorporou a astrologia em questões relacionadas à saúde. Seus textos eram conhecidos por sua obscuridade (ALFONSO-GOLDFARB, 2001).

REFERÊNCIAS

ALFONSO-GOLDFARB, A. M. **Da alquimia à química.** São Paulo: Landy Editora. 2001.

BURCKHARDT, T. **Alquimia.** Barcelona: Plaza & Janés, 1976.

ELIADE, M. **Herreros y alquimistas**. Madrid: Alianza Editorial, 1974.

GRANT, E. **Os fundamentos da ciência moderna na Idade Média.** Portugal: Porto Editora, 2002.

LEICESTER, H. M. **The historical background of chemistry.** Nova York: Courier Corporation, 1971.

MAAR, J. H. **Historia da Química - Primeira Parte - Dos Primórdios a Lavoisier.** Florianópolis: Conceito, 2008.

Texto de apoio 3: A Ciência Renascentista: Magia, Alquimia e a Revolução do Conhecimento

O Renascimento, entre os séculos XIV e XVI, marcou um ressurgimento do conhecimento, incluindo uma abordagem científica. A educação era tradicional, mas houve um aumento no número de estudiosos em medicina e ciências que desafiavam essa abordagem. Os humanistas renascentistas buscavam textos clássicos para aprimorar a moral humana e redescobriam obras neoplatônicas, cabalísticas e herméticas da Antiguidade Tardia que pareciam apoiar a prática natural.

Enquanto alguns autores defendiam a cultura clássica como a base mais sólida, outros, como Kepler e Galileu, questionavam se esses textos eram suficientes para investigar fenômenos naturais desconhecidos pelos antigos. A disputa entre antigos e modernos foi uma das principais questões desse período (SILVA, 2006).

O Renascimento trouxe uma renovação no conhecimento, abrangendo artes, literatura e o surgimento de uma nova ciência. Os humanistas renascentistas buscavam melhorar a moral humana em contraste com o ensino tradicional lógico e escolástico. Nas escolas, houve uma mudança de foco para princípios morais e ação política, em detrimento da gramática, retórica e lógica. Isso levou a uma diminuição da centralidade das universidades, à medida que mais estudiosos em medicina e ciências rejeitavam a conservadora academia (DEBUS, 2002).

Os "modernos", enquanto buscavam uma nova ciência rompendo com o passado, incorporavam elementos de filosofias antigas como pitagorismo e

neoplatonismo. Além disso, muitos deles eram místicos e acreditavam que a Bíblia continha verdades sobre a natureza. Paracelso, por exemplo, apesar de se opor a Aristóteles e Galeno, foi influenciado pela astrologia e pela sabedoria bíblica (SILVA, 2006).

Nos primórdios do Renascimento, a ciência era fortemente influenciada pelos ensinamentos da Antiguidade Clássica, especialmente por figuras como Aristóteles, Ptolomeu e Galeno. Acreditava-se que o conhecimento verdadeiro do mundo podia ser obtido através da observação e da razão, e que a natureza seguia leis e padrões matemáticos que podiam ser descobertos e descritos (HENRY, 1998).

Durante o Renascimento, houve reformas significativas tanto na filosofia natural quanto nas disciplinas matemáticas. No entanto, substituir o dominante aristotelismo escolástico exigiu mais. A filosofia natural escolástica era um sistema completo, aparentemente capaz de abordar todas as questões do mundo físico. O aristotelismo, que era sua base, estava profundamente ligado à astronomia ptolomaica e à medicina galênica. Durante o Renascimento, essa integração começou a se desfazer, mas a tendência geral entre os intelectuais era tentar reparar o sistema antigo e permanecer fiel a ele (HENRY, 1998).

No entanto, o Renascimento trouxe consigo um movimento de renovação cultural e científica que desafiou as doutrinas tradicionais. Emergiram novos métodos e técnicas de observação e experimentação, resultando na expansão rápida do conhecimento em áreas como anatomia, fisiologia, astronomia e outras disciplinas científicas.

O período renascentista também viu um ressurgimento do interesse por uma abordagem mística da natureza, que desempenhou um papel significativo no desenvolvimento da nova ciência. A matemática era uma área de grande destaque, utilizada tanto na geometria e álgebra quanto nos estudos místicos dos números. Além disso, a magia estava intimamente ligada à religião durante esse período (DEBUS, 2002).

A magia natural no Renascimento envolvia a crença de que certos elementos tinham poderes ocultos para influenciar outros e realizar fenômenos inexplicáveis. Os magos naturais renascentistas enfatizavam que sua magia se baseava no conhecimento da natureza, o que é chamado de naturalismo renascentista por alguns historiadores (HENRY, 1998).

Nesse contexto, o naturalismo renascentista representou um movimento em que as forças ocultas da natureza eram entendidas em termos psíquicos, com uma projeção da psique humana na natureza. Esse movimento alcançou seu auge no século XVI, marcando uma nova era na história da ciência, onde mente e matéria, espírito e corpo não eram vistos como entidades separadas (WESTFALL, 2001).

A magia no Renascimento também estava conectada à tecnologia, com a criação de máquinas vista como uma exploração dos poderes ocultos, porém naturais, dentro da esfera do mágico. Além disso, essas máquinas dependiam fortemente de relações matemáticas para funcionar, conferindo à matemática uma abordagem mágica (HENRY, 1998).

É importante notar que havia diferentes níveis de magia relacionados ao uso da matemática. Por exemplo, Johannes Kepler estava preocupado em encontrar uma lógica para a existência de apenas seis planetas, buscando compreender a relação entre suas órbitas e os cinco sólidos geométricos perfeitos de Platão.

Francis Bacon é um exemplo da ambiguidade em relação à magia no Renascimento. Por um lado, ele incorporou elementos da tradição mágica em sua nova metodologia científica, mas por outro lado, ele a difamou mais do que qualquer outro. Essa duplicidade também é evidente nas tradições do paracelsismo, helmontismo e filosofias químicas secundárias. Embora muitas ideias de Paracelso tenham sido absorvidas pela medicina, ele próprio era veementemente difamado. Seu radicalismo o tornou um Lutero da medicina, enquanto o galenismo representava a autoridade tradicional. Assim, a adesão ao paracelsismo poderia ser vista como um ato de subversão, mas também poderia ser usada de forma leviana (HENRY, 1998).

Paracelso, originalmente chamado de Filipe Aurelio Teofrasto Bombasto von Hohenheim, teve uma infância permeada pelo pensamento renascentista. Seu pai, um médico com interesse em alquimia, influenciou suas ideias. Em seus trabalhos, Paracelso desafiou as crenças estabelecidas por figuras importantes da medicina, como Celso, Galeno e Avicena (DEBUS, 2002).

Paracelso propunha a existência de três princípios - sal, enxofre e mercúrio - que formavam todos os corpos, representando o corpo, a alma e o espírito. Isso, conhecido como a triaprima de Paracelso, tinha uma abordagem

alquímica e se assemelhava à teoria enxofre-mercúrio de Jabir. Esses princípios eram comparáveis aos elementos de Aristóteles: sal correspondia à terra, enxofre ao fogo e mercúrio à água (DEBUS, 2002).

Os seguidores de Paracelso, chamados de paracelsistas, adotavam uma nova filosofia baseada na experimentação e observação, em oposição ao pensamento aristotélico. Eles enfatizavam a importância da observação, da religião e da matemática como uma forma de magia natural. Para os paracelsistas, a filosofia química era uma via de aprendizado revelado divinamente e por meio de estudos químicos. Eles também viam a Terra como um laboratório natural onde fenômenos como vulcões e crescimento de metais podiam ser explicados (DEBUS, 2002).

Paracelso e seus seguidores defendiam a ideia de que o homem é um microcosmo que reflete o mundo ao seu redor, seguindo a analogia macrocosmo-microcosmo (DEBUS, 2002).

Os paracelsistas criticavam a teoria galênica. Galeno, um dos principais médicos da antiguidade, considerava o corpo humano composto por quatro "humores" - sangue, bile amarela, bile negra e fleuma (MAAR, 2008). Cada um desses humores era associado a qualidades (Aristotélicas) como quente, frio, úmido e seco, e acredita-se que a interação entre essas qualidades permitia a transmutação de um elemento em outro (DEBUS, 2002). Essa concepção dos elementos teve um impacto significativo no entendimento do funcionamento do corpo humano na época, mostrando como diferentes áreas do conhecimento se relacionavam e se influenciavam mutuamente.

Ao contrário da tradição galênica que afirmava que as doenças eram causadas por um desequilíbrio dos quatro humores no corpo, os paracelsistas acreditavam que a doença era causada por uma "semente" de doença que entrava no corpo através de alimentos, bebidas ou ar, combatendo a força vital de um órgão específico. Além disso, eles acreditavam que "semelhante cura semelhante", diferente da ideia galênica dos "contrários que curam" (DEBUS, 2002).

Com base nos três princípios paracelsianos - mercúrio, enxofre e sal - a iatroquímica foi desenvolvida. Cada um desses princípios foi definido por Jean Beguin, um importante iatroquímico: o mercúrio era um líquido ácido, permeável, penetrante e etéreo, responsável pelos sentidos, movimentos, força e cores dos

corpos; o enxofre era um bálsamo suave, oleoso e viscoso, responsável pela inflamabilidade; e, por fim, o sal era seco e salgado, responsável pela solidez dos corpos. A maioria dos iatroquímicos aceitava esses três princípios como ativos e mais dois como passivos: água e terra (WESTFALL, 2001).

Van Helmont, último dos paracelsistas, postulou a água como a matéria primordial de todas as coisas, apoiando isso com um experimento em que uma árvore cresceu sem aumentar significativamente o peso da terra em que foi plantada, atribuindo o ganho de peso à água. Ele também defendia a aplicação de unguentos não na ferida, mas na arma que a causou, além de elaborar uma explicação vitalista para o movimento do sangue em um ferimento causado por um assassino, em que o espírito do sangue reagiria à proximidade do inimigo. Essas ideias mantiveram a influência do naturalismo renascentista e dificultaram a ascensão da filosofia mecânica (DEBUS, 2002).

O pensamento mágico também teve uma presença significativa na obra de muitos pensadores influentes, tais como William Gilbert, Johannes Kepler, Robert Boyle e Isaac Newton. Cabe mencionar que Kepler, Boyle e Newton apresentaram também concepções mecanicistas em suas teorias, como será melhor descrito à frente.

William Gilbert é considerado o fundador da ciência do magnetismo. Em seu livro De Magnete, ele apresentou diversos fatos sobre o magnetismo. Embora não tenha sido o primeiro a estudar esse fenômeno, suas pesquisas contribuíram significativamente para tornar o assunto mais concreto. Para Gilbert, o magnetismo era comparável à alma da Terra, refletindo a visão vitalista da natureza comum à época (WESTFALL, 2001).

Durante esse período, o magnetismo era objeto de grande admiração e até mesmo visto como uma proteção contra bruxas e doenças. William Gilbert dedicou-se a estudar essas histórias e separar as lendas da verdade por meio de investigação experimental rigorosa (WESTFALL, 2001).

Nos experimentos de William Gilbert, ele procurou mostrar que os ímãs tinham movimentos espontâneos, sugerindo que possuíam características animadas, quase como se tivessem almas superiores às humanas, uma visão fortemente influenciada pelo pensamento platônico. Ele via o magnetismo como um processo voluntário, comparando os polos magnéticos aos sexos, e acreditava que a direção e a variação do magnetismo eram resultado da

inteligência que organizava o universo. Suas ideias tiveram impacto significativo na comunidade científica da época, influenciando os químicos paracelsianos do início do século XVII (WESTFALL, 2001).

Ainda, cabe citar outros cientistas e pensadores desse período, como Leonardo da Vinci, Nicolau Copérnico, Galileu Galilei e Johannes Kepler. Eles contribuíram para a transformação da ciência, que passou a ser mais empirista e experimental, baseada em observação e medição, e menos dependente da especulação filosófica. Esse processo culminou no desenvolvimento da ciência moderna, no século XVII.

Nicolau Copérnico, ao desenvolver sua teoria heliocêntrica e posicionar a Terra entre os planetas, desafiou os fundamentos da ordem cósmica tradicional, simplificou a mecânica celeste e rejeitou a visão aristotélica. Ele viu o Sol como o centro devido à sua supremacia e perfeição. Copérnico também rejeitou a ideia aristotélica de que nada existia fora do mundo, afirmando que o universo era finito, mas ilimitado. Sua visão transformou a relação entre o homem, o universo e Deus, marcando a transição da sociedade medieval para a moderna e fornecendo uma nova cosmovisão que dava sentido às ações humanas (KOYRÉ, 2010; KUHN, 2017).

Desde a antiguidade, babilônios e egípcios observaram o movimento solar, usando-o como referência para calendários. Leonard Digges introduziu a ideia de um mundo aberto e relacionou o céu ao espaço. Giordano Bruno defendeu a infinitude do mundo, rejeitando limites e propondo um universo infinito como a única maneira adequada de expressar a divindade. Essas mudanças minaram a visão da Terra como o centro do universo, mas Nicolau de Cusa a viu como uma promoção à categoria dos astros nobres, enquanto Bruno celebrou a abertura para vastos espaços e um universo eterno e infinito, onde o movimento e a mudança eram sinais de perfeição (KOYRÉ, 2010; KUHN, 2017).

Giordano Bruno argumentou que um mundo finito não era possível, pois sempre haveria algo além dele, como o vazio. Para ele, o espaço do nosso mundo e o espaço exterior eram um só, e Deus tratava ambos igualmente. Bruno propôs a existência de infinitos outros "mundos" circundando o nosso. Ele defendeu que, para ser perfeita, a obra de Deus deveria abranger infinitos seres individuais, Terras, estrelas e sóis, exigindo um espaço infinito. Sua visão pode ser descrita como vitalista (KOYRÉ, 2010).

Kepler rejeitou a ideia de um universo infinito com base em razões metafísicas e científicas, influenciado por suas crenças religiosas e pelas descobertas de Galileu. Para ele, um universo infinito seria uniforme demais, o que considerava impossível. Kepler defendia que o universo, seja finito ou infinito, deve ter uma estrutura geométrica, seguindo o pensamento aristotélico. Tanto Kepler quanto Bruno argumentavam que o espaço era preenchido por "éter", mas Newton propôs um éter muito mais tênue e elástico em nosso mundo. Tratava-se de um tipo de gás extremamente rarefeito que não preenchia completamente o espaço físico (KOYRÉ, 2010).

Enquanto os aristotélicos medievais explicavam o sentido do movimento com base nas qualidades motoras de leveza e peso absoluto, Galileu recorreu à relação entre o peso do corpo e o peso do meio. Ele considerou todos os corpos iguais, independentemente de sua composição, concluindo que poderiam cair ou se mover tanto no vácuo quanto em meios cheios. Esse avanço substituiu as vagas noções medievais de força e resistência por grandezas homogêneas arquimedianas (GRANT, 2002).

Até o século XVII, as inteligências eram vistas como motores celestes, mas essa crença começou a mudar. Alguns filósofos naturais passaram a buscar causas impessoais para os movimentos celestes, rejeitando as inteligências como motores. A ideia de que cada orbe celeste tinha uma capacidade intrínseca de movimento próprio começou a se tornar mais aceita (GRANT, 2002).

Como mencionado anteriormente, Kepler, inspirado pela filosofia platônica, empenhou-se em encontrar proporções matemáticas divinas nas órbitas planetárias para resolver o enigma dos seis planetas. Ele acreditava que esses movimentos geravam uma harmonia celestial, conectando as órbitas dos planetas aos sólidos platônicos perfeitos em sua busca pela harmonia geométrica no universo (HENRY, 1998).

Boyle, que será discutido mais detalhadamente na seção sobre mecanicismo, também se envolveu ativamente na prática da alquimia. Sua teoria corpuscular, notavelmente, foi mais influenciada pelos trabalhos do alquimista Geber do que pelos atomistas Descartes e Gassendi, como frequentemente se argumenta (HENRY, 1998). Boyle mergulhou profundamente na alquimia experimental, conduzindo investigações minuciosas sobre a composição e as propriedades dos elementos e substâncias. Sua abordagem alquímica

destacava a existência de partículas fundamentais e suas interações, além de explorar métodos para manipular e transformar a matéria.

Os escritos de Isaac Newton revelam uma ligação com a tradição pitagórica e neoplatônica das harmonias cósmicas. Em manuscritos destinados a uma segunda edição abandonada dos Principia Mathematica, Newton especulou sobre um conhecimento esotérico da gravitação universal entre os seguidores antigos de Pitágoras. Ele enfatizou a importância do número sete em suas reflexões, uma ideia presente em várias partes de seus escritos. Além disso, Newton estabeleceu uma analogia entre as cores do espectro e as sete notas da escala musical, relacionando-as precisamente em seus trabalhos sobre óptica (HENRY, 1998).

Isaac Newton foi alquimista durante grande parte de sua vida, e essa perspectiva teve um impacto profundo em sua visão da matéria e da natureza. Suas abordagens alquímicas influenciaram seus estudos sobre a luz, onde explorou a natureza das cores e a decomposição da luz branca. Além disso, sua concepção da gravitação, expressa na lei da gravitação universal, também refletiu uma abordagem alquímica, com a ideia de uma força invisível atuando à distância, conectando corpos celestes e influenciando seu movimento, semelhante às forças ocultas e interações místicas alquímicas entre os elementos (HENRY, 1998).

Nesse sentido, é importante ressaltar, como mencionado anteriormente, que muitos dos cientistas amplamente reconhecidos como mecanicistas, em especial Boyle e Newton, carregavam consigo um viés mágico em suas abordagens. Embora tenham contribuído significativamente para o desenvolvimento do pensamento científico moderno, suas crenças e práticas relacionadas à alquimia e à magia revelam uma complexidade em sua visão de mundo. Essa dualidade entre a busca pela explicação racional e a presença de elementos mágicos e alquímicos evidencia a riqueza e a diversidade de influências que permearam o pensamento científico da época.

REFERÊNCIAS

DEBUS, A. G. **O homem e a natureza no Renascimento**. Portugal: Porto Editora, 2002.

GRANT, E. **Os fundamentos da ciência moderna na Idade Média.** Portugal: Porto Editora, 2002.

HENRY, J. **A revolução científica e as origens da ciência moderna**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1998.

KOYRÉ. A. **Do mundo fechado ao universo infinito**. 4.ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2010.

KUHN, T. S. **A revolução copernicana**. Lisboa: Edições 70, 2017.

MAAR, J. H. **Historia da Química - Primeira Parte - Dos Primórdios a Lavoisier**. Florianópolis: Conceito, 2008.

SILVA, C. C. **Estudos de história e filosofia das ciências:** subsídios para a aplicação no Ensino. 1. Ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

WESTFALL, R. S. **A construção da Ciência Moderna:** Mecanismos e Mecânica. Portugal: Porto Editora, 2001.

Texto de apoio 4: Corpuscularismo e Mecanicismo: Abordagens à Compreensão da Natureza

O renascimento do atomismo e corpuscularismo durante o Renascimento foi impulsionado por vários fatores, incluindo a redescoberta e tradução de antigos textos filosóficos e científicos perdidos. A recuperação do último manuscrito sobrevivente de Lucrécio, "De Rerum Natura," em 1417, foi particularmente significativa, pois promoveu uma visão atomista da natureza. O atomismo e corpuscularismo são teorias relacionadas à composição da matéria, com o atomismo postulando átomos indivisíveis como componentes fundamentais e o corpuscularismo propondo partículas microscópicas, chamadas corpúsculos, que formam os corpos. Embora compartilhem raízes antigas, essas teorias apresentam abordagens distintas sobre a estrutura fundamental da matéria (HENRY, 1998).

O atomismo sustenta a existência de partículas indivisíveis, enquanto o corpuscularismo defende a divisibilidade das partículas em unidades menores. O primeiro é filosófico, o segundo é uma teoria científica testável. Além disso, o corpuscularismo inclui forças intermoleculares entre as partículas, ao contrário do atomismo. O corpuscularismo foi precursor do mecanicismo, ao passo que o atomismo foi incorporado posteriormente a essa visão (SILVA, 2006).

Na Grécia antiga, Demócrito, discípulo de Leucipo, defendeu o atomismo, propondo átomos indivisíveis, idênticos em características, mas variáveis em tamanho, posição e forma. Junto a Leucipo, acreditava que esses átomos se moviam aleatoriamente no vácuo, formando tanto o mundo material quanto o imaterial. O universo era composto apenas por átomos e espaço vazio, cada átomo possuindo forma fixa e não divisível. A combinação derivava de seus movimentos internos, não influenciados externamente. Epicuro também defendeu o atomismo, descrevendo 12 princípios fundamentais em sua Carta a Heródoto. Ele via a matéria como indestrutível e incriável, formando o universo com átomos em movimento constante, podendo ser complexos ou simples, seguindo trajetórias variadas.

Epicuro identificou três características fundamentais nos átomos - peso, forma e tamanho - e argumentou que as qualidades percebidas nas coisas surgiam das diferenças nas formas dos átomos. Ele discordava da ideia de Demócrito de que o universo se originou de um turbilhão após violentas colisões de átomos. Em vez disso, Epicuro postulou que os átomos tinham peso natural e se uniam através de um movimento intrínseco para formar o cosmos. Ele acreditava que os átomos tinham a liberdade de desviar-se ligeiramente em espaço e tempo, colidindo e formando vórtices que, com o tempo, levavam à criação de mundos. Essa perspectiva enfatizava a liberdade humana e contrastava com o determinismo de Demócrito, fornecendo uma explicação ética para a origem do mundo baseada no movimento, desvio e colisões dos átomos (SILVA, 2006).

Lucrécio, influenciado pela filosofia de Epicuro, sustentava que a natureza consistia em átomos e espaço vazio. Ele destacava que o espaço vazio era essencial para o movimento dos átomos, questionando como o movimento contínuo seria possível se o espaço estivesse preenchido por matéria. Sua teoria do choque explicava o funcionamento da natureza, enfatizando átomos, espaço vazio e movimento como elementos fundamentais. Átomos podiam ter várias formas e se uniam em proporções específicas em corpos, resultando na diversidade de formas na natureza. A sensibilidade e a sensação derivavam da configuração única de átomos em nossos órgãos sensoriais em contato com átomos do ambiente externo (SILVA, 2006).

A influência para o desenvolvimento das teorias de partículas da matéria veio da tradição aristotélica, impulsionada por comentários árabes sobre Aristóteles, como os escritos por Averróis no século XII, e pelo crescente entendimento das mudanças químicas durante o Renascimento. A ideia de que as substâncias eram compostas por "minima naturalia" (partículas mínimas) ganhou importância nas especulações escolásticas sobre a natureza da matéria. Pensadores como Gassendi, Sennert, Newton e Boyle revitalizaram e também contestaram o atomismo durante a "revolução científica", trazendo de volta o atomismo na era moderna e enfatizando a necessidade de Deus para explicar a ordem do universo (SILVA, 2006).

Robert Boyle desenvolveu uma teoria corpuscular, uma forma de atomismo, descrevendo a natureza das partículas mínimas da matéria em sua obra "Origem das Formas e Qualidades". Ele cunhou o termo "corpuscularismo" para destacar a perspectiva teísta de sua teoria, enfatizando que essas partículas foram criadas por Deus. Diferentemente do atomismo antigo, Boyle focou nas propriedades e qualidades dos corpúsculos, incluindo textura, como determinantes das diferentes propriedades da matéria que percebemos, como cheiro, cor e sabor (SILVA, 2006).

Além de discordar do atomismo clássico, Boyle acredita que a matéria foi criada por Deus e que o movimento presente na matéria não é caótico, mas sim uma intervenção divina com o propósito de criar o universo (SILVA, 2006).

Antes de se iniciar a seção seguinte, na qual será discutido o mecanicismo propriamente dito, cabe fazer a relação entre atomismo, corpuscularismo e o mecanicismo. A filosofia mecânica se baseava na suposição de que os corpos eram compostos por átomos ou corpúsculos invisivelmente pequenos. Não é surpreendente que uma das principais fontes de inspiração por trás do surgimento dos novos sistemas de filosofia mecânica tenha sido o ressurgimento das filosofias atomistas antigas de Demócrito e, especialmente, de Epicuro. Na verdade, um dos sistemas mais importantes de filosofia mecânica, o de Pierre Gassendi (que será discutido mais adiante), baseava-se em suas tentativas de reconstruir a filosofia natural de Epicuro. No entanto, nem todos os mecanicistas acreditavam na existência de átomos necessariamente indivisíveis. Era possível ser mecanicista e, ao mesmo tempo, endossar a crença de que a matéria era divisível ao infinito, afirmando que havia partículas básicas mínimas envolvidas

em todas as mudanças físicas. Por exemplo, Robert Boyle se intitulava um corpusculista, nunca um atomista (HENRY, 1998).

REFERÊNCIAS

HENRY, J. **A revolução científica e as origens da ciência moderna.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1998.

SILVA, C. C. **Estudos de história e filosofia das ciências:** subsídios para a aplicação no Ensino. 1. Ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

Texto de apoio 5: Explorando o Mecanicismo: A Abordagem Mecânica da Natureza

O naturalismo é uma abordagem que valoriza a experiência humana e a natureza, dividindo-se em realismo, que considera a realidade independente do observador, e descritivismo, que limita a ciência ao observável. O positivismo, dentro do naturalismo, rejeita dogmas metafísicos e busca separar ciência, metafísica e religião. Em contraste, o materialismo, também parte do naturalismo, afirma que tudo é composto de entidades materiais, negando a existência de alma, propósito ou finalidade na natureza e promovendo uma visão mecanicista do mundo (SILVA, 2006).

Na corrente materialista indiana, a matéria é considerada o princípio fundamental, e os elementos terra, água, ar e fogo, assim como suas combinações, são comprovados apenas pelos sentidos, enquanto a alma é vista como uma manifestação dos elementos materiais. Na era moderna do século XVII, surgiu um materialismo limitado, chamado de filosofia mecânica, que incorporou a crença em Deus e, em alguns casos, em uma substância pensante, combinando a ideia atomista de que a matéria em movimento poderia explicar a complexidade do mundo, exceto a mente humana (SILVA, 2006).

O materialismo mecânico apresenta duas novidades em relação ao atomismo grego: inspiração em mecanismos complexos como o relógio mecânico e autômatos primitivos, e a aplicação das novas leis da física, incluindo a inércia linear e a conservação da quantidade de movimento. Nesse sistema, a matéria é considerada inerte e só é modificada através do contato ou colisão com outros corpos materiais, sem exercer forças à distância, assemelhando-se ao funcionamento dos mecanismos do relógio (SILVA, 2006).

A filosofia mecanicista surgiu como uma reação ao naturalismo renascentista, com René Descartes sendo um dos principais defensores. Ela via o mundo como uma máquina desprovida de seres pensantes e governada unicamente por necessidades físicas, buscando explicar todos os fenômenos através de conceitos matemáticos da mecânica. Essa abordagem comparava o funcionamento do mundo natural a um maquinismo, onde as mudanças eram causadas pela interação entre corpos, assim como as engrenagens de um relógio, ou pelo impacto e transferência de movimento entre eles. A concepção mecanicista foi influenciada por Galileu, Kepler, Mersenne, Gassendi e Hobbes, mas Descartes exerceu a maior influência e conferiu rigor filosófico aos argumentos dessa nova corrente de pensamento. A filosofia mecanicista surgiu como resposta do catolicismo ao ataque contra o naturalismo animista, incentivando o desenvolvimento dessa abordagem (SILVA, 2006; WESTFALL, 2001).

Na filosofia mecânica, a separação entre matéria e espírito é uma premissa fundamental. A matéria é governada apenas por causas eficientes, e Deus é atribuído como o criador do universo, colocando a matéria em movimento de uma vez por todas. Esse movimento é indestrutível e se conserva ao longo do tempo, o que implica que Deus não precisa mais intervir no mundo, segundo Descartes (SILVA, 2006).

Descartes aborda o dualismo entre espírito e matéria, afirmando que todas as substâncias, espirituais ou materiais, possuem extensão. No entanto, as propriedades características da matéria não podem ser atribuídas ao espírito, resultando na exclusão das características psíquicas da natureza material. Henry More contesta esse dualismo, atribuindo ao espírito propriedades opostas às do corpo, como penetrabilidade, indivisibilidade e a capacidade de contrair ou dilatar. More usa o conceito de "discerpibilidade" para refutar a crença aristotélica em um mundo finito e a negação do espaço vazio fora dele, argumentando sobre a onipotência de Deus (WESTFALL, 2001; KOYRÉ, 2010).

Descartes concluiu a existência de Deus através do Cogito e do mundo físico posteriormente. Ele contrastou sua visão com a de Aristóteles, para quem as qualidades possuíam existência real e eram aprendidas diretamente pelos sentidos. No entanto, para Descartes, os corpos são compostos apenas por partículas de matéria em movimento, e as qualidades aparentes (exceto a

extensão) são meras sensações causadas pela invasão de corpos em movimento em nossos nervos (WESTFALL, 2001).

Durante o século XVII, havia um consenso de que Deus era a fonte do movimento inicial do universo. Ele criou a matéria e a pôs em movimento, que permanece indestrutível até que algo externo interfira e provoque mudanças. Deus era frequentemente retratado como um relojoeiro que estabeleceu as leis de movimento das partículas atômicas e as deixou funcionar por conta própria. Essa concepção de Deus como o "Grande Relojoeiro" influenciou o deísmo, uma versão elaborada desse pensamento, que questionava a necessidade de milagres como intervenções diretas de Deus nos assuntos terrestres (WESTFALL, 2001; KUHN, 2017).

Descartes e Gassendi, os principais construtores dos sistemas mecanicistas da natureza, também contribuíram para a formulação do conceito de inércia, defendendo que o movimento inerte é retilíneo, e movimentos circulares ou curvos requerem uma causa externa (WESTFALL, 2001).

Para Descartes, o vácuo não pode existir, pois o espaço é preenchido por partículas que formam correntes circulares. Cada partícula empurra sua vizinha próxima, evitando o vácuo, resultando em movimentos circulares duradouros. Ele acreditava que, independentemente do impulso inicial dado por Deus, os corpúsculos se moveriam em vórtices espalhados pelo espaço, formando a Teoria dos Vórtices. Descartes também relacionou essa teoria com a luz, sugerindo que a vibração constante gerada pelo movimento rápido nos centros dos vórtices é a luz, que emana dos sóis ou estrelas (KUHN, 2017; WESTFALL, 2001).

Descartes propôs que o sistema solar está situado em um grande vórtice composto por uma imensa quantidade de matéria. Os planetas orbitam em equilíbrio dinâmico, onde sua tendência centrífuga é equilibrada pela pressão resultante da matéria que se move rapidamente no vórtice além deles. Esse vórtice também explicaria a luz e o calor do Sol e das estrelas fixas, gerados pela aglomeração e atrito das partículas menores no centro. Além disso, as partículas maiores se juntam para formar os planetas, que são arrastados pelo vórtice em órbitas fixas de acordo com suas densidades. A premissa crucial do sistema de Descartes é que a quantidade de movimento no mundo é constante (WESTFALL, 2001; HENRY, 1998).

Descartes tentou explicar a gravidade com a teoria dos vórtices, sugerindo que corpos são atraídos para baixo em direção ao centro devido a uma tendência centrífuga deficiente, sendo atraídos por outros corpos com maior tendência centrífuga que se movem para cima. Ele também utilizou a teoria dos vórtices para explicar o magnetismo, sugerindo que partículas em forma de parafuso geradas pelo movimento dos vórtices se encaixavam nos poros do ferro, causando a atração magnética. A filosofia mecanicista de Descartes descrevia todas as funções orgânicas do corpo humano em termos mecânicos, comparando, por exemplo, o coração a uma chaleira que fervia o sangue para expeli-lo (WESTFALL, 2001).

Descartes dedicou atenção ao estudo das cores e óptica, rejeitando a ideia de que as cores são qualidades reais dos corpos. Ele propôs que as cores são meras aparências causadas pelo movimento de minúsculas esferas da luz. Através de experimentos com prismas, ele concluiu que a refração pode alterar a velocidade de rotação dessas esferas, gerando as diferentes sensações de cor.

Pierre Gassendi, um importante representante do atomismo na corrente mecanicista, reabilitou a filosofia de Epicuro, mas subordinou sua doutrina ao catolicismo, acreditando na alma criada por Deus. Ele considerava que Deus criou os átomos e seus movimentos, e que esses movimentos não seriam governados por necessidade, mas sim sujeitos à intervenção divina. Por outro lado, Thomas Hobbes negou a imortalidade da alma e o livre arbítrio, considerando Deus como imaterial. Hobbes estendeu a física de Galileu e a fisiologia de William Harvey para explicar a percepção e o pensamento humanos. Em relação a suas concepções como atomistas, Descartes e Gassendi tinham diferenças. Descartes via a matéria como infinitamente divisível, enquanto Gassendi defendia a existência de unidades básicas indivisíveis. Gassendi também rejeitava a equação entre matéria e extensão, indo contra o programa científico cartesiano, e propunha a existência de partículas específicas para explicar determinadas qualidades, como o calor e o frio (WESTFALL, 2001).

Robert Boyle, o mais importante químico mecanicista, defendia que a matéria consistia em inúmeras partículas uniformes que se agrupavam para formar corpos. Ele aplicou essa visão mecanicista às reações químicas, buscando explicar as diferenças entre os corpos em termos da forma e

movimento dessas partículas. Mesmo que Boyle tenha tentado se afastar das práticas alquímicas, ainda mantinha interesse em transformações químicas e na possibilidade de converter substâncias em outras formas. Boyle, como um proponente da filosofia mecânica, procurou explicar o calor e o frio como fenômenos gerados pela movimentação da matéria. Ele concebia os corpos como compostos por partículas indivisíveis que interagiam por meio de colisões e usou máquinas como modelos para compreender a natureza (WESTFALL, 2001).

Como cristão devoto, Boyle buscava unir a filosofia experimental, a hipótese corpuscular da matéria e a existência de Deus. Ele via a filosofia natural como uma prova da existência de Deus e acreditava que as leis da natureza eram expressões da vontade divina na criação. Boyle criticava a derivação cartesiana da conservação do movimento, defendendo que a conservação dependia da vontade de Deus (SILVA, 2006).

Robert Boyle realizou experimentos com a bomba de ar e o barômetro, observando que o ar é um fluido elástico que se expande quando as barreiras externas são removidas. Ele formulou a Lei de Boyle, que descreve a relação quantitativa entre pressão e volume de um gás, sendo um marco na ciência mecanicista do século XVII.

John Mayow, outro defensor do atomismo mecanicista, relacionou a respiração e a combustão ao "espírito nitroaéreo" no ar. Ele considerava esse elemento como um gás separado que tornava o ar elástico, encaixando-se nas partículas do ar como cunhas, combinando ideias mecanicistas com princípios ativos da tradição paracelsiana (WESTFALL, 2001).

Isaac Newton, influenciado pelos escritos de Boyle, combinou concepções vitalistas e mecanicistas em suas investigações. Enquanto a química newtoniana era fundamentada na filosofia mecanicista, ele reconheceu a existência de forças entre as partículas. Newton opôs-se inicialmente à ideia de ação direta à distância e propôs modelos com um éter de densidade variável para explicar a gravitação. No entanto, em seu livro "Princípios Matemáticos de Filosofia Natural", apresentou a lei da gravitação universal, admitindo a ação à distância. Na óptica, também afirmou a interação direta à distância entre os corpúsculos de luz e a matéria, responsável por fenômenos como reflexão e refração (SILVA, 2006; WESTFALL, 2001).

Newton defendia uma teoria corpuscular da luz, onde a luz consistia em partículas emitidas por corpos brilhantes em alta velocidade. Isso contrastava com a teoria ondulatória defendida por outros cientistas, como Descartes e Huygens. No entanto, Newton também acreditava que, durante a reflexão da luz, as partículas luminosas eram defletidas e curvadas antes de atingir a superfície refletora, interagindo com a matéria. Quanto à gravidade, Newton buscava uma explicação mecânica para ela, mas não encontrou uma explicação corpuscular satisfatória, diferindo das concepções de Descartes e outros que eliminavam qualidades ocultas e buscavam uma explicação mais mecânica (SILVA, 2006; KUHN, 2017).

Isaac Newton procurou entender a gravidade sem recorrer a uma força direta entre a Terra e os objetos. Inicialmente, ele conjecturou que a gravidade poderia ser gerada por um fluxo de éter que fluiria do espaço em direção à Terra, empurrando os objetos para baixo. Ele também sugeriu que a gravidade se estendia por grandes distâncias, afetando corpos celestes como a Lua e o Sol. Além disso, Newton conjecturou que o Sol também possuía uma gravidade que atraía os planetas em direção a ele, contrabalançando a tendência dos planetas de se afastarem do centro do movimento circular (SILVA, 2006).

Isaac Newton foi um cientista multidisciplinar que estudou diversos campos do conhecimento, incluindo física, matemática, filosofia, astronomia, alquimia, astrologia, magia e teologia. Ele acreditava que todos esses campos poderiam contribuir para o estudo dos fenômenos naturais. Newton dedicou-se à interpretação das profecias bíblicas e via a alquimia como uma forma de entender a essência da matéria e a natureza divina. Após sua morte, a concepção do universo passou a considerá-lo como um espaço infinito habitado por inúmeros corpúsculos governados por leis passivas, como a inércia, e alguns princípios ativos, como a gravidade. A óptica também recebeu atenção no século XVII e foi fortemente influenciada pela filosofia mecanicista, com diferentes escolas descrevendo a visão como percepção da unidade orgânica dos objetos visuais (WESTFALL, 2001).

Durante o século XVII, os filósofos mecanicistas, como Descartes, Grimald, Hooke e Boyle, tendiam a criar mecanismos que corroborassem teorias existentes em vez de questioná-las. Newton, por outro lado, propôs uma nova abordagem para as cores, sugerindo que os raios de luz que causam as

diferentes cores têm diferenças intrínsecas e são refratados em ângulos distintos. Ele testou sua ideia observando um fio vermelho e azul através de um prisma, e as cores pareciam separadas. Sua ideia foi confirmada pela experiência, levando à transformação da explicação das cores. Newton defendeu que as cores do espectro são modificações da luz branca produzida pelo prisma e que o fenômeno das cores surge da separação dos raios que compõem a luz branca, não de sua modificação (WESTFALL, 2001).

Quando a teoria de Newton sobre as cores foi publicada, inicialmente não foi compreendida por seus contemporâneos. Ele defendia que a luz branca era uma mistura de raios heterogêneos, cada um produzindo uma sensação de cor diferente. Isso contradizia a visão tradicional de que a luz branca era simples e primitiva. Com o tempo, a teoria de Newton foi aceita e considerada uma contribuição significativa para a filosofia mecanicista da natureza. Ele destruiu a distinção entre cores reais e aparentes e relacionou todas as sensações de cor com princípios idênticos. Newton também defendia a natureza mecânica da luz, postulando que os corpúsculos da luz eram influenciados pelo éter, uma matéria sutil que preenchia todo o espaço. Essa teoria era representativa da filosofia mecanicista do século XVII (WESTFALL, 2001).

Após cerca de quatro anos de sua criação, Newton abandonou a ideia do éter e passou a usar a atração entre partículas para explicar os fenômenos anteriormente atribuídos à variação na densidade do éter. Enquanto Newton defendia a concepção corpuscularista da luz, Christiaan Huygens criticava essa ideia e propôs a teoria ondulatória da luz. Segundo Huygens, a luz se propagava como uma onda através de um meio material, como o éter, e a luz era composta por ondas que se moviam perpendicularmente à sua direção de propagação. Ambas as teorias explicavam alguns fenômenos ópticos, mas experimentos posteriores revelaram fenômenos que não podiam ser explicados pelos modelos mecanicistas existentes. A filosofia mecanicista começou a ser um obstáculo para o progresso adicional na óptica (WESTFALL, 2001).

Na segunda metade do século XVII, a maioria dos principais químicos era mecanicista, em contraste com a predominância paracelsiana na primeira metade. Nicolas Lemery foi o principal químico da França nesse período e defendeu a explicação mecanicista para a dissolução dos metais em ácidos. Segundo ele, o espírito do sal marinho contém partículas pontiagudas que

empurram e abanam as partículas da aqua fortis, fazendo com que os metais dissolvidos precipitem. Lemery também explicava que ácidos eram compostos por partículas aguçadas chamadas "pontas ácidas", enquanto os alcalis possuíam partículas porosas em que as pontas podiam se espetar, limitando a dissolução do metal (WESTFALL, 2001).

Na segunda metade do século XVII, Nicolas Lemery, um proeminente químico mecanicista, ofereceu explicações sobre a dissolução de metais em ácidos e a migração de solventes entre corpos em solução. Segundo ele, as partículas pontiagudas de ácidos prendem os metais dissolvidos, mas podem ser quebradas e neutralizadas por materiais apropriados, resultando na precipitação do metal. Lemery também descreveu o enxofre como composto por partículas flexíveis e ramificadas, além de acreditar em minúsculas partículas redondas e inflamáveis, relacionando-as à combustão. Além disso, ele considerou as doenças como infecções ácidas transmitidas pelo ar, recomendando alcalis para neutralizá-las. Embora não tenha desenvolvido uma teoria química abrangente, Lemery explicou as propriedades observadas dos materiais estudados (WESTFALL, 2001).

No final do século XVII, a química havia acumulado muitos dados, mas a filosofia mecanicista oferecia apenas uma linguagem para descrever reações químicas, resultando em diversas versões sem critérios claros para avaliar sua validade. Apesar disso, a filosofia mecanicista contribuiu para inserir a química no âmbito da ciência natural e torná-la respeitável entre a comunidade científica, algo inédito até então. Embora não tenha contribuído significativamente para o progresso da química como ciência, a filosofia mecanicista foi um marco importante para sua evolução (WESTFALL, 2001).

REFERÊNCIAS

HENRY, J. **A revolução científica e as origens da ciência moderna.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1998.

KOYRÉ. A. **Do mundo fechado ao universo infinito**. 4.ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2010.

KUHN, T. S. **A revolução copernicana.** Lisboa: Edições 70, 2017.

SILVA, C. C. **Estudos de história e filosofia das ciências:** subsídios para a aplicação no Ensino. 1. Ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

Apêndice F - Ficha de Trabalho: Elaboração do "Diálogo Imaginário"

Ficha de Trabalho: Elaboração do "Diálogo Imaginário"

Objetivo: Elaborar um diálogo fictício entre um cientista renascentista e um cientista contemporâneo, explorando tanto as continuidades quanto as rupturas entre as ideias e práticas científicas de cada época.

Instruções:

1. **Escolha dos cientistas:** Selecione um cientista renascentista (por exemplo, Copérnico, Galileu, Kepler) e um cientista contemporâneo (pode ser qualquer um que tenha relevância para o tema abordado).
2. **Contextualização:** Pesquise brevemente sobre os contextos históricos e científicos nos quais esses dois cientistas viveram e suas principais contribuições.
3. **Estrutura do diálogo:** Organize o diálogo de forma estruturada. Siga o modelo sugerido abaixo para guiar a elaboração:

Introdução:

- Apresente o cenário da conversa (onde e quando ela ocorre).
- Introduza os personagens (quem são os cientistas, qual o objetivo da conversa).

Desenvolvimento:

- Faça com que os cientistas troquem ideias sobre temas centrais. A cada fala, destaque as diferenças e semelhanças nos pontos de vista.
- Exemplos de questões a serem discutidas:
  - Como os cientistas explicam o funcionamento do universo?
  - O que pensam sobre as evidências científicas que têm à disposição?
  - Quais são suas visões sobre o método científico?
  - Quais avanços da ciência contemporânea eles reconhecem ou questionam?
  - Que desafios enfrentam em suas épocas para divulgar ou defender suas ideias?

Conclusão:

- Como o diálogo termina? O que os cientistas aprenderam ou reconsideraram após a conversa?
- Qual mensagem sobre a evolução do pensamento científico você gostaria de transmitir ao final?

Dicas importantes:

- O diálogo deve ser informal e ao mesmo tempo mostrar clareza nas explicações.
- Utilize trechos de textos históricos para embasar as falas dos cientistas.
- Procure que o diálogo faça sentido dentro do contexto de cada época.

Apêndice G - sugestões de temas e conceitos para a proposta interdisciplinar

1 - A Lei da Conservação da Massa e os Estudo da Alquimia no Renascimento

Conceito químico moderno: Lei da Conservação da Massa

Relação com o Renascimento: Como as ideias alquímicas, como a transmutação de metais, podem ser relacionadas com os avanços na compreensão de materiais e reações químicas do Renascimento.

2 - A Tabela Periódica e o Estudo dos Elementos no Renascimento

Conceito químico moderno: Tabela Periódica e os Elementos Químicos

Relação com o Renascimento: Relacionar a sistematização moderna dos elementos com as tentativas renascentistas de classificação de substâncias e as ideias iniciais sobre elementos, como o pensamento de Paracelso sobre os "três princípios" (sal, enxofre e mercúrio).

3 - A Teoria Atômica Moderna e as Contribuições de Demócrito no Renascimento

Conceito químico moderno: Teoria Atômica

Relação com o Renascimento: Examinar como as ideias filosóficas de Demócrito sobre átomos influenciaram a química moderna e de que maneira essas ideias foram retomadas durante o Renascimento, à medida que cientistas como Galileo e Bacon abriram caminho para novas teorias atômicas.

4 - Química de Materiais e as Inovações no Uso de Pigmentos durante o Renascimento

Conceito químico moderno: Composição e reatividade de materiais

Relação com o Renascimento: Estudar como a química dos pigmentos usados nas artes renascentistas (como a composição das tintas de Leonardo da Vinci) conecta-se com os conceitos modernos de química de materiais, envolvendo processos de síntese e reação.

5- O Método Científico de Bacon e a Abordagem Empírica das Ciências no Renascimento

Conceito filosófico moderno: Método Científico Empírico

Relação com o Renascimento: Analisar como o empirismo de Francis Bacon, proposto durante o Renascimento, influenciou o desenvolvimento de métodos científicos que ainda orientam a pesquisa nas ciências químicas e naturais.

6 - A Matemática no Renascimento e os Avanços na Lógica Moderna e na Química

Conceito químico moderno: Lógica matemática e modelagem química

Relação com o Renascimento: Investigar como o estudo das proporções, como no trabalho de Fibonacci, e os avanços em álgebra durante o Renascimento influenciaram a forma como hoje modelamos fenômenos químicos e físicos.

Apêndice H - Material complementar para professores: leitura e estudo

1. O PERÍODO RENASCENTISTA

Por muito tempo, o Renascimento foi visto como uma época de mudança abrupta de conhecimentos, enquanto a Idade Média era considerada um período de estagnação científica. No entanto, historiadores contemporâneos defendem uma visão histórica continuísta, que reconhece os feitos dos pensadores medievais em campos como astronomia, óptica, cinemática e outras ciências matemáticas, além do desenvolvimento da noção de leis naturais e do método experimental (HENRY, 1998).

Nesta época, tanto a magia, a alquimia e a astrologia exerciam uma influência significativa, assim como o crescente interesse pela matemática, observação e experimentação. Nesse sentido, o presente texto historiográfico tem por finalidade mostrar esse diálogo entre vitalismo e mecanicismo, bem como as particularidades de cada uma dessas cosmovisões em separado. Inicia-se com uma breve explicação sobre a Cosmovisão Vitalista.

1.1 VITALISMO

O vitalismo é uma corrente de pensamento filosófico e científico que sustenta a existência de uma força vital ou energia vital distintiva, que anima os organismos vivos e os diferencia dos objetos inanimados. Essa concepção é baseada na ideia de que há uma entidade ou princípio não físico que confere vida aos seres vivos, além das leis naturais e das propriedades físicas e químicas da matéria.

Desde os primórdios da agricultura, havia a crença na "mãe terra" como uma divindade cujo ventre fértil permitiria a germinação das sementes, enquanto caberia ao agricultor garantir a fecundação através de rituais mágicos. Assim, o papel do agricultor não se limitava apenas à técnica, mas envolvia a manipulação das forças da natureza através de práticas ritualísticas. Essa mentalidade de controle e aceleração dos processos naturais se estendeu às sociedades que se dedicavam à mineração e à metalurgia, onde o universo era visto como algo sagrado e vitalista (ALFONSO-GOLDFARB, 2001).

A visão vitalista do universo como um organismo, em que o homem é considerado uma parte inseparável, remonta a filósofos antigos, como Platão e Aristóteles, e persistiu durante a Idade Média, com influências da tradição neoplatônica e cristã. A relação entre o macrocosmo e o microcosmo, baseada na crença de que Deus criou o homem à sua imagem, levou a uma correspondência entre o homem e o universo, encontrada na alquimia por exemplo (DEBUS, 2002; GANGUILHEM, 2012).

Essas tradições antigas de curandeiros, mineiros e ferreiros eram carregadas de elementos mágicos e rituais, e acredita-se que tenham sido a origem da alquimia, que será melhor discutida em uma seção posterior. Será possível perceber que a alquimia se baseou também em princípios aristotélicos. Sendo assim, no texto seguinte será apresentado algumas contribuições gregas para a compreensão da origem das coisas, com ênfase em Aristóteles.

1.1.1 As teorias gregas

Desde os filósofos pré-socráticos, há uma preocupação em encontrar o elemento primordial que constituiria todas as coisas. A palavra "elemento" aqui não deve ser considerada com a definição atual, mas como algo intrínseco e constituinte de todas as coisas.

A maioria das informações que possuímos sobre os pré-socráticos consiste em fragmentos ou citações de suas doutrinas, frequentemente citados por filósofos posteriores, como Platão, Aristóteles, Teofrasto e Simplício. Os filósofos antigos se questionavam sobre a possibilidade de considerar a natureza como um único ser, sempre idêntico a si mesmo, apesar de suas múltiplas transformações. Eles buscavam entender como a complexidade e multiplicidade da natureza poderiam ser explicadas por meio de elementos simples e imutáveis que revelassem uma ordem que pudesse ser conhecida. Esses pensadores estavam preocupados em descobrir o princípio fundamental e permanente da realidade última, o movimento dos seres e a organização da natureza, o chamado kósmos. Apesar de termos apenas alguns fragmentos ou citações de suas doutrinas, a busca pela compreensão da phýsis e do kósmos foi um dos principais desafios filosóficos enfrentados pelos pré-socráticos (SILVA, 2006).

Os filósofos pré-socráticos deram forma aos pensamentos sobre as origens das coisas. Um exemplo é Tales de Mileto, que acreditava que a água

era o princípio último e primordial, a partir do qual os outros elementos derivavam. Essa água poderia se transformar em ar através da evaporação. Anaxímenes considerava o ar (Pneuma) como o princípio fundamental, enquanto Anaximandro afirmava que era o Apeiron (indefinido), e Anaxágoras postulava a existência de um espírito (nous) que se unia às outras substâncias. Segundo essa visão, cada partícula de matéria continha partes de todos os elementos. Para Heráclito, o princípio primordial era o Logos (proporção, razão), sendo o fogo ao mesmo tempo o último princípio e o agente transformador. Empédocles propôs a existência de quatro elementos - terra, água, ar e fogo - presentes em todas as formas de matéria, sendo combinados ou separados pelo amor e ódio, considerados como as duas "forças universais". Embora não tenha utilizado o termo "elemento" especificamente, seu conceito se assemelha ao conceito moderno de elemento. Segundo Empédocles, o mundo era composto por sementes ou divisões infinitesimais da matéria, contendo os quatro elementos, que se combinavam para formar todas as coisas. Para Pitágoras (séc. VI a.C.), o princípio constitutivo dos seres é representado pelos números, os quais são entendidos como o Ser e possuem uma existência real. Já Parmênides de Eleia defendia que a verdadeira filosofia não pode ter como base a experiência do mundo sensível, sendo alcançada somente pelo pensamento (SILVA, 2006).

Os gregos também deixaram uma importante contribuição para o conceito de átomo. Demócrito, discípulo de Leucipo, é creditado com a teoria atomista na qual os átomos são considerados partículas indivisíveis, indestrutíveis e de mesma natureza, mas diferem em tamanho, posição, ordem e forma. Essa perspectiva grega sustenta que somente os átomos e o espaço vazio existem. A seção Corpuscularismo e Mecanicismo fornecerá uma descrição mais detalhada do atomismo grego. Nesta, será dado maior ênfase as teorias de Aristóteles.

De acordo com a visão aristotélica, a região sublunar era composta pelos quatro elementos: Terra, Água, Fogo e Ar. A Terra, como elemento mais pesado, teria um movimento natural em uma esfera localizada no centro geométrico do universo. A Água, também pesada, mas menos do que a Terra, teria seu próprio invólucro esférico em torno da região central da Terra. Já o Fogo, o elemento mais leve, formaria seu próprio invólucro abaixo da esfera da Lua. O Ar, outro elemento leve, preencheria o restante do invólucro entre a Água e o Fogo. Na ausência de forças externas vindas do céu, cada elemento terrestre

permaneceria em repouso na parte da região terrestre onde era naturalmente situado (KUHN, 2017). Ainda, cada um dos quatro elementos tinha um "lugar natural", e se não houvesse nenhum impedimento, eles se moveriam em direção a esse lugar. Por exemplo, os corpos que caíam naturalmente em direção ao centro da Terra o faziam porque seu elemento predominante era pesado, enquanto aqueles que subiam o faziam porque seu elemento predominante era leve (GRANT, 2002).

Por outro lado, Aristóteles condenava a ideia do vazio proposta pelos atomistas, acreditando que todo o espaço era preenchido por uma matéria sutil, como um éter, criando assim a "quintessência", que preencheria esses "espaços vazios". Ele chegou a essa conclusão ao observar que os quatro elementos naturais se moviam em linha reta, enquanto os corpos celestes se moviam em órbitas circulares. Para Aristóteles, o movimento circular dos corpos celestes só poderia ser explicado por meio de outro tipo de elemento: o éter, que se movia naturalmente em círculos, um movimento considerado superior porque a circunferência era uma figura completa em si mesma (GRANT, 2002).

Cada um dos quatro elementos de Aristóteles possuía duas qualidades (quente, frio, seco e úmido) e a alteração dessas qualidades poderia resultar em uma transmutação do elemento, processo esse que era objetivo principal da alquimia, como será discutido adiante (ALFONSO-GOLDFARB, 2001; MAAR, 2008). Ele também era contrário à ideia de ação à distância, argumentando que um corpo não pode agir onde não está presente. Seu trabalho teve uma grande influência no pensamento científico ocidental por cerca de dois mil anos (SILVA, 2006).

Segundo Aristóteles, todo o universo era contido dentro da superfície exterior de uma esfera de estrelas. Em todos os pontos dentro dessa esfera existia algum tipo de matéria, já que para Aristóteles, não poderia haver vácuos ou buracos no universo. Fora da esfera, nada existia, nem matéria nem espaço, absolutamente nada (KUHN, 2017). Aristóteles acreditava que o éter era a substância primordial que constituía os planetas e as estrelas, assim como as esferas concêntricas que explicavam os movimentos celestes. Ele sustentava que existiam precisamente cinquenta e cinco esferas cristalinas feitas de éter, que incorporavam o sistema matemático das esferas homocêntricas desenvolvido por Eudoxo e Calipo. Embora algumas dessas esferas fossem

matematicamente redundantes, eram necessárias para manter o movimento de todo o conjunto de esferas concêntricas por meio de conexões mecânicas. Como o universo estava completamente preenchido, todas as esferas estavam em contato e, ao roçarem umas nas outras, geravam movimento para todo o sistema (KUHN, 2017).

Segundo Aristóteles, a esfera da Lua divide o universo em duas regiões distintas, cada uma preenchida por diferentes tipos de matéria e sujeita a leis diferentes. A região terrestre, onde a humanidade habita, é caracterizada por mudanças constantes, nascimento e morte, geração e corrupção. Em contrapartida, a região celestial é eterna e imutável. Entre os elementos, somente o éter é considerado puro e incorruptível (KUHN, 2017).

Aristóteles acreditava que os espaços celestes vazios eram preenchidos por esferas etéreas invisíveis e transparentes, que se encaixavam umas nas outras e giravam em movimentos regulares e uniformes. Segundo sua visão, os corpos celestes estavam de alguma forma embutidos nessas esferas, que os transportavam consigo. O conceito de Deus de Aristóteles está relacionado ao motor inamovível que está associado à esfera das estrelas físicas, que é a fronteira do mundo físico (GRANT, 2002).

Para Aristóteles, a base de todos os corpos é a matéria-prima, que, embora real, não tem existência independente. Ao se unir a duas qualidades contrárias, a matéria-prima se elevaria a um nível de elemento, por exemplo, a terra teria as qualidades de frio e seco, enquanto a água possuiria as qualidades de frio e umidade (GRANT, 2002).

Aristóteles acreditava que os corpos da região terrestre não eram elementos puros, mas sim compostos de dois ou mais elementos, denominados "corpos mistos". Cada corpo é composto de matéria e forma, em que a matéria prima é o substrato ao qual a forma se torna inerente. A forma de um corpo é composta pelas suas características essenciais, ou seja, as propriedades que definem sua natureza. Cada corpo pertence a uma espécie específica e possui as propriedades e características da sua espécie. Se não houver impedimentos, o corpo agirá de acordo com suas propriedades naturais (GRANT, 2002).

Segundo Aristóteles, todo efeito era produzido por quatro causas que agiam simultaneamente: a causa material (aquilo de que algo é feito), a causa formal (a estrutura básica que é imposta a algo), a causa eficiente (o agente

responsável pela ação) e a causa final (o objetivo ou finalidade para o qual a ação é realizada). Além disso, Aristóteles também estudou os tipos de mudanças que as quatro causas poderiam originar: mudança substancial, mudança qualitativa, mudança quantitativa e mudança de lugar. Na mudança substancial, as formas ou qualidades eram potencialmente substituíveis por suas contrárias, o que resultava na transformação de uma substância em outra. Sendo assim, o fogo, caracterizado pelas qualidades fundamentais de calor e secura, pode se transformar em terra, que possui as qualidades fundamentais de secura e frio, quando o calor é substituído pelo frio, que é a qualidade oposta ao calor (GRANT, 2002). Na seção seguinte, será explorado como essas teorias aristotélicas exerceram influência no pensamento medieval.

1.1.2 Pensamento Medieval

Durante a era medieval, o legado aristotélico exerceu uma influência significativa no pensamento intelectual. As obras de Aristóteles foram consideradas de grande importância e foram amplamente estudadas e comentadas.

Quando as obras de Aristóteles foram traduzidas para o latim, elas se tornaram amplamente difundidas e estudadas na Europa Ocidental. No entanto, o conhecimento sobre Aristóteles não foi adquirido apenas através de suas próprias obras, mas também através dos comentários adicionados por gregos e árabes entre os séculos IX e XII. Além disso, traduções latinas de tratados não aristotélicos que continham ideias derivadas da filosofia natural de Aristóteles foram acrescentadas a essas obras. Estudiosos medievais também acrescentaram seus próprios comentários a essas obras. Todo esse material é conhecido como Aristotelismo e foi um componente vital da vida intelectual da Idade Média (GRANT, 2002).

Durante a Baixa Idade Média, as mudanças mais significativas na filosofia natural aristotélica, sob a perspectiva da história da ciência, ocorreram na abordagem do movimento. As explicações de Aristóteles sobre movimento natural e violento foram em grande parte abandonadas, enquanto que a interpretação dos corpos mistos permaneceu aceitável para muitos. Além disso, outros passaram a acreditar que um corpo misto poderia ser composto de até

quatro elementos e que o elemento predominante não determinava seu movimento natural (GRANT, 2002).

As forças dos elementos leves e pesados se opunham, e a força total de cada uma determinava o sentido do movimento. Se a leveza prevalecesse, o movimento seria ascendente; se o peso fosse predominante, o movimento seria descendente. Nos corpos mistos, os elementos leves e pesados eram compostos por partes ou graus, e a soma dessas partes revelava qual qualidade motora era predominante, determinando assim o sentido do movimento natural. Quanto maior a razão entre as partes pesadas e leves, maior seria a velocidade do movimento descendente, e vice-versa para a velocidade ascendente (GRANT, 2002).

Posteriormente, concebeu-se o peso e a leveza como forças ou qualidades que atuavam em oposição dentro do mesmo corpo misto. A qualidade com maior número de graus - seja ela leve ou pesada - era designada como força motriz, enquanto sua oposta funcionava como resistência. Como cada corpo misto possuía sua própria força motriz e resistência, era capaz de se mover em espaços vazios. Em contraste, os corpos elementares não podiam se mover no vácuo (GRANT, 2002).

Os filósofos naturais medievais adotaram, indiretamente, a Hipótese dos Planetas de Ptolomeu e incorporaram elementos compatíveis com o sistema concêntrico de Aristóteles. Eles faziam uma distinção entre o conceito de "orbe total" (uma esfera concêntrica com o centro na Terra ou no centro do universo) e "orbe parcial" (uma esfera excêntrica com o centro fora do centro do universo). Dessa forma, as duas cosmologias foram combinadas. No entanto, a inclusão de órbitas excêntricas dentro das esferas concêntricas de Aristóteles significava que a cosmologia aristotélica teve que aceitar algumas realidades desagradáveis. Os avanços subsequentes na astronomia e as necessidades da teologia cristã levaram os filósofos naturais a considerar pelo menos três esferas totais adicionais além das estrelas fixas (GRANT, 2002).

No século XII, alguns teólogos descreveram a esfera empírea como um lugar de luminosidade deslumbrante habitado por Deus, anjos e os bem-aventurados. Embora Deus fosse capaz de ser a causa eficiente do movimento dos orbes celestes, os filósofos naturais medievais acreditavam que Ele havia delegado essa tarefa para uma causa secundária criada por Ele mesmo. A

maioria acreditava que Deus havia designado um anjo externo e distinto, ou inteligência, para mover cada orbe, enquanto uma minoria argumentava que Ele havia escolhido uma força interna para manter os orbes celestiais em movimento perpétuo (GRANT, 2002).

Durante a Idade Média, a visão predominante era de que a natureza refletia a ordem divina. A ciência medieval estava sujeita a restrições da Igreja, mas contribuiu para o progresso científico futuro. As principais áreas de estudo eram ciências naturais, medicina, matemática e alquimia.

Acredita-se que a alquimia teria surgido devido à influência de crenças místicas de algumas civilizações. Por exemplo, a religião astral caldeia associava os deuses planetas aos metais. Na Mesopotâmia, influenciada pela sabedoria persa de Zoroastro, a crença dualística entre forças do bem e do mal se difundiu. No Egito, atividades como agricultura, cerâmica, medicina, mineração e metalurgia possuíam aspectos místicos relacionados à busca pela imortalidade. A união entre a religião Zoroástrica e a astrologia babilônica influenciou o desenvolvimento da primeira escola gnóstica. Essas crenças tiveram influência na origem da alquimia, com características específicas em cada civilização, mas com semelhanças (ALFONSO-GOLDFARB, 2001; MAAR, 2008).

A diferença entre a alquimia e a metalurgia era a tentativa da primeira de compreender os segredos da matéria. Acreditava-se que os metais possuíam uma espécie de vida, crescendo no interior da Terra. Após um período de exploração, as minas eram fechadas para permitir a regeneração dos minerais (ALFONSO-GOLDFARB, 2001).

Os alquimistas acreditavam que os metais se desenvolviam dentro da Terra, de forma semelhante à gestação, e que, se esse processo não fosse interrompido, todos os minerais se transformariam em ouro. Acreditava-se que os metais eram produzidos pela influência dos sete planetas, incluindo o Sol, a Lua e os cinco planetas visíveis a olho nu. Se um metal extraído fosse diferente do ouro, considerava-se que ocorreu um "aborto" e cabia aos alquimistas realizar em seus laboratórios o que não havia sido alcançado na natureza: transformar o metal em ouro. Nesse sentido, os fornos eram vistos como uma espécie de ambiente artificial onde o mineral completaria seu processo de gestação (BURCKHARDT, 1976; ELIADE, 1974).

Após a morte de Maomé, os árabes iniciaram uma ampla conquista territorial, entrando em contato com novos costumes. A alquimia islâmica foi influenciada principalmente pela alquimia alexandrina, mas também recebeu contribuições das alquimias chinesa e indiana. Da alquimia chinesa, vieram conceitos como o "elixir" que concedia longevidade e a união entre o ser humano e o universo. Esse elixir tinha a capacidade de transferir as qualidades de um corpo para outro. A alquimia chinesa, influenciada pelo taoísmo, introduziu o dualismo Yin e Yang, representando princípios masculinos e femininos, assim como o sol e a lua. Os chineses reconheciam a existência de cinco elementos - água, terra, fogo, madeira e metal - e cada um deles possuía proporções diferentes dos princípios Yin e Yang. Cada parte do corpo humano também estava associada a um desses elementos (ALFONSO-GOLDFARB, 2001).

Na alquimia chinesa, a transmutação do ouro tinha como objetivo alcançar a perfeição. O ouro artificial produzido possuía todas as qualidades do ouro natural e ainda era considerado superior, uma vez que era resultado do controle das forças da natureza e do tempo (ALFONSO-GOLDFARB, 2001).

Na tradição da alquimia islâmica, o primeiro alquimista teria sido o príncipe Khalid Ibn Yazid, que nasceu em Damasco e depois se mudou para Alexandria. Ele teria sido discípulo de Marianos, que, por sua vez, foi discípulo de Estéfano de Alexandria, estabelecendo uma conexão entre a alquimia islâmica e a alquimia alexandrina. Alguns nomes importantes na alquimia islâmica incluem Jabir, Razes e Avicena.

Jabir baseou seu conceito de matéria nos quatro princípios aristotélicos, mas os expressou em termos de qualidades: calor, frio, umidade e secura. Segundo ele, todos os metais consistem em uma combinação de duas dessas qualidades, que determinam suas propriedades. Essa teoria ficou conhecida como a teoria dos balanços. Essas qualidades são consideradas exteriores. Além disso, Jabir argumentou que cada metal contém inerentemente as outras duas qualidades como qualidades interiores. Por exemplo, o ouro possui as qualidades exteriores de calor e umidade, mas possui as qualidades interiores de frio e secura, que são as qualidades exteriores da prata. De acordo com Jabir, para converter prata em ouro, é necessário apenas realçar as qualidades interiores do ouro, por meio do uso de um elixir (LEICESTER, 1971).

Destacam-se nesse período alguns autores, sendo Alberto Magno o principal naturalista da Idade Média. Em uma de suas obras, ele descreve a formação dos minerais na crosta terrestre e estabelece uma conexão entre as ideias de Aristóteles e Avicena. Para isso, ele compara a "umidade untuosa e sutil" e a "terra sutil" de Aristóteles com o "enxofre" e o "mercúrio" mencionados por Avicena (MAAR, 2008).

Roger Bacon é reconhecido por elevar a alquimia ao status de valorosa para estudo filosófico. Ele demonstrou interesse por conhecimentos práticos, como os apotecários, alquimistas, engenheiros e astrólogos, e estudou obras de Pseudo-Aristóteles e Pseudo-Avicena. Bacon acreditava que os metais eram compostos por enxofre e mercúrio, e que metais desequilibrados poderiam ser transformados em ouro perfeito por meio de um "remédio". Ele se dedicou à "alquimia operativa" e descreveu processos para a obtenção do elixir em sua obra Opus minus. Além da alquimia, Bacon também incorporou a astrologia em questões relacionadas à saúde. Seus textos eram conhecidos por sua obscuridade (ALFONSO-GOLDFARB, 2001).

1.1.3 A Ciência no Renascimento

Durante muito tempo, o Renascimento foi amplamente percebido como uma era de mudança drástica de conhecimentos, enquanto a Idade Média era vista como um período de estagnação científica. No entanto, historiadores contemporâneos sustentam uma visão histórica mais contínua, que reconhece os avanços dos pensadores medievais em áreas como astronomia, óptica, cinemática e outras ciências matemáticas, além do desenvolvimento da concepção de leis naturais e do método experimental (HENRY, 1998). Uma das características mais marcantes desse período foi a importância dada à observação e experimentação, o que culminou na criação de instrumentos fundamentais como o telescópio, microscópio e termômetro, que surgiram nesse período (DEBUS, 2002).

O período conhecido como Renascimento foi marcado pelo ressurgimento do conhecimento entre os séculos XIV e XVI, incluindo uma nova abordagem científica. A educação nesse período era conservadora, mas houve um aumento no número de estudiosos de medicina e ciências que se opunham a essa abordagem. Os humanistas do Renascimento procuravam textos clássicos e

buscavam aprimorar a moral do homem, o que levou ao redescobrimento de obras neoplatônicas, cabalísticas e herméticas da Antiguidade Tardia que pareciam justificar a prática natural.

Enquanto alguns autores defendiam a retomada da cultura clássica como a melhor e verdadeira fonte capaz de fundamentá-los, outros como Kepler e Galileu questionavam se esses textos poderiam fornecer subsídios suficientes para investigar fenômenos naturais que eram desconhecidos pelos antigos. Essa disputa entre antigos e modernos foi uma das principais questões desse período (SILVA, 2006).

O Renascimento trouxe consigo uma espécie de renovação do conhecimento, tanto nas artes quanto na literatura, correspondendo também ao surgimento de uma nova ciência. Os humanistas renascentistas buscavam aprimorar a moralidade humana, em contraste com as discussões lógicas e escolásticas características do ensino tradicional. Esse enfoque se refletiu nas escolas, onde o ensino passou a valorizar cada vez mais os princípios morais e a ação política, em detrimento dos princípios fundamentais da gramática, retórica e lógica. Como resultado, a universidade, anteriormente considerada como o bastião da cultura, gradualmente perdeu sua centralidade, devido ao crescente número de estudiosos em medicina e ciências que rejeitavam o conservadorismo opressivo das instituições superiores (DEBUS, 2002).

Os modernos, embora desejassem criar uma nova ciência que rompesse com o passado, ainda assim incorporavam elementos fortes de filosofias antigas, como o pitagorismo e o neoplatonismo. Além disso, muitos desses pensadores eram místicos e acreditavam que a Bíblia continha verdades sobre a natureza. Paracelso é um exemplo disso: apesar de se opor aos ensinamentos de Aristóteles e Galeno, ele foi influenciado pela astrologia e pelos conhecimentos descritos na Bíblia (SILVA, 2006).

Nos primórdios do Renascimento, a ciência era muito influenciada pelos ensinamentos da Antiguidade Clássica, especialmente pelos trabalhos de Aristóteles, Ptolomeu e Galeno. Acreditava-se que o conhecimento verdadeiro sobre o mundo podia ser alcançado através da observação e da razão, e que a natureza era governada por leis e padrões matemáticos que poderiam ser descobertos e descritos (HENRY, 1998).

Durante o Renascimento, tanto a filosofia natural quanto as disciplinas matemáticas passaram por reformas significativas. No entanto, foi necessário algo mais para que o aristotelismo escolástico dominante pudesse ser substituído. A filosofia natural escolástica era um sistema abrangente, aparentemente capaz de abordar todas as questões relacionadas ao mundo físico. O aristotelismo, que formava o cerne desse sistema, estava perfeitamente integrado à astronomia ptolomaica e à medicina galênica. Durante o Renascimento, essa unidade começou a se desfazer, mas a tendência geral entre os intelectuais era de tentar reparar o antigo sistema e permanecer fiel a ele (HENRY, 1998).

No entanto, durante o Renascimento, houve um movimento de renovação cultural e científica que levou ao questionamento desses ensinamentos tradicionais. Novos métodos e técnicas de observação e experimentação foram desenvolvidos, e o conhecimento sobre a anatomia, a fisiologia, a astronomia e outras áreas da ciência começou a se expandir rapidamente.

Durante o Renascimento, houve um interesse renovado em uma abordagem mística da natureza, que desempenhou um papel importante na nova ciência emergente. A matemática também era de grande interesse, tanto para a geometria e álgebra quanto para os estudos místicos dos números. A magia estava fortemente ligada à religião nesse período (DEBUS, 2002).

Para compreender a influência da magia durante o Renascimento, é necessário ter uma visão mais ampla da magia natural. A magia natural admitia que certos elementos possuíam poderes ocultos para afetar outros, realizando fenômenos inexplicáveis. O sucesso de um mago natural dependia, portanto, de seu profundo conhecimento dos corpos e das influências que exerciam sobre os demais.

Muitos magos naturais do Renascimento enfatizavam que sua forma de magia se baseava exclusivamente no conhecimento da própria natureza. Alguns historiadores distinguem essa perspectiva da verdadeira magia, referindo-se a ela como naturalismo renascentista (HENRY, 1998).

Assim, o Naturalismo Renascentista foi um movimento em que as forças ocultas da natureza eram concebidas em termos psíquicos, com uma projeção da psique humana na natureza. Esse movimento atingiu seu auge no século XVI, marcando uma nova era na história da ciência (WESTFALL, 2001). No contexto

do naturalismo renascentista, a mente e a matéria, o espírito e o corpo não eram concebidos como entidades separadas.

Outro aspecto que ressalta a importância da magia é a sua conexão com a tecnologia. Não se acreditava que as máquinas estivessem dominadas por demônios, mas a criação desses artefatos era considerada uma exploração dos poderes ocultos, porém naturais, ou seja, dentro da esfera do mágico. Além disso, tais dispositivos dependiam muito das relações matemáticas que os tornavam funcionais, o que conferiu à matemática uma abordagem mágica (HENRY, 1998).

No entanto, é importante compreender que os usos da matemática correspondem a diferentes níveis de magia. Por exemplo, Johannes Kepler demonstrava uma grande preocupação em encontrar uma lógica para a existência de apenas seis planetas. Assim, Kepler buscou compreender a lógica por trás da presença desses seis planetas, correlacionando suas órbitas com os cinco sólidos geométricos perfeitos de Platão.

Francis Bacon é um exemplo da ambiguidade em relação à magia no Renascimento. Por um lado, ele incorporou elementos da tradição mágica em sua nova metodologia científica, mas por outro lado, ele a difamou mais do que qualquer outro. Essa duplicidade também é evidente nas tradições do paracelsismo, helmontismo e filosofias químicas secundárias. Embora muitas ideias de Paracelso tenham sido absorvidas pela medicina, ele próprio era veementemente difamado. Seu radicalismo o tornou um Lutero da medicina, enquanto o galenismo representava a autoridade tradicional. Assim, a adesão ao paracelsismo poderia ser vista como um ato de subversão, mas também poderia ser usada de forma leviana (HENRY, 1998).

Paracelso, originalmente chamado de Filipe Aurelio Teofrasto Bombasto von Hohenheim, teve uma infância permeada pelo pensamento renascentista. Seu pai, um médico com interesse em alquimia, influenciou suas ideias. Em seus trabalhos, Paracelso desafiou as crenças estabelecidas por figuras importantes da medicina, como Celso, Galeno e Avicena (DEBUS, 2002).

Paracelso propunha a existência de três princípios – sal, enxofre e mercúrio – que formavam todos os corpos, representando respectivamente o corpo, a alma e o espírito. Essa ideia, conhecida como a triaprima de Paracelso, apresentava uma perspectiva alquímica, semelhante à teoria enxofre-mercúrio

de Jabir. Vale ressaltar que esses três princípios eram similares aos elementos de Aristóteles: sal correspondia à terra, enxofre ao fogo e mercúrio à água (DEBUS, 2002).

Os seguidores de Paracelso, chamados paracelsistas, adotavam uma nova filosofia baseada na experimentação e observação, em consonância com o pensamento renascentista. Eles questionavam a filosofia de Aristóteles por ser divergente da Cristandade e, em vez disso, baseavam-se na observação e religião. Para eles, Deus havia criado todas as coisas em número, peso e medida, e a matemática seria uma magia natural. O método lógico e geométrico de raciocínio dos aristotélicos e galenistas não era aceito pelos paracelsistas. A filosofia química era considerada uma forma de aprendizado por meio da revelação divina e dos estudos químicos. Os paracelsistas acreditavam ainda que a terra seria um verdadeiro laboratório químico, onde era possível explicar fenômenos como os vulcões e o crescimento dos metais (DEBUS, 2002).

Paracelso e seus seguidores defendiam a ideia de que o homem é um microcosmo que reflete o mundo ao seu redor, seguindo a analogia macrocosmo-microcosmo (DEBUS, 2002).

Os paracelsistas criticavam a teoria galênica. Galeno, um dos principais médicos da antiguidade, considerava o corpo humano composto por quatro "humores" - sangue, bile amarela, bile negra e fleuma (MAAR, 2008). Cada um desses humores era associado a qualidades (Aristotélicas) como quente, frio, úmido e seco, e acredita-se que a interação entre essas qualidades permitia a transmutação de um elemento em outro (DEBUS, 2002). Essa concepção dos elementos teve um impacto significativo no entendimento do funcionamento do corpo humano na época, mostrando como diferentes áreas do conhecimento se relacionavam e se influenciavam mutuamente.

Ao contrário da tradição galênica que afirmava que as doenças eram causadas por um desequilíbrio dos quatro humores no corpo, os paracelsistas acreditavam que a doença era causada por uma "semente" de doença que entrava no corpo através de alimentos, bebidas ou ar, combatendo a força vital de um órgão específico. Além disso, eles acreditavam que "semelhante cura semelhante", diferente da ideia galênica dos "contrários que curam" (DEBUS, 2002).

Com base nos três princípios paracelsianos - mercúrio, enxofre e sal - a iatroquímica foi desenvolvida. Cada um desses princípios foi definido por Jean Beguin, um importante iatroquímico: o mercúrio era um líquido ácido, permeável, penetrante e etéreo, responsável pelos sentidos, movimentos, força e cores dos corpos; o enxofre era um bálsamo suave, oleoso e viscoso, responsável pela inflamabilidade; e, por fim, o sal era seco e salgado, responsável pela solidez dos corpos. A maioria dos iatroquímicos aceitava esses três princípios como ativos e mais dois como passivos: água e terra (WESTFALL, 2001).

Van Helmont, o último dos paracelsistas, defendia a teoria de que a água era a matéria prima de todas as coisas. Para provar isso, realizou um experimento no qual plantou uma árvore em uma quantidade de terra previamente pesada e, ao longo dos dias, regou a árvore regularmente. Após a árvore ter crescido, pesou novamente e verificou que a quantidade de terra praticamente não havia aumentado, concluindo que o peso adquirido pela árvore era devido à água (WESTFALL, 2001).

Van Helmont também acreditava que para curar uma ferida, deveriam ser aplicados unguentos não na ferida em si, mas na arma que a teria produzido. Ele explicava ainda que o sangue do assassinado corria em direção ao assassino porque o espírito do sangue, ao perceber a proximidade do inimigo, fervia de raiva e o sangue corria. Essas ideias revelam uma forte crença no vitalismo (WESTFALL, 2001).

Todas essas concepções difundidas pelos paracelsistas dificultaram a ascensão da nova filosofia mecânica, que se opunha fortemente ao naturalismo renascentista influente na época (DEBUS, 2002). Em uma seção adiante será melhor discutido sobre a visão de mundo mecanicista.

O pensamento mágico também teve uma presença significativa na obra de muitos pensadores influentes, tais como William Gilbert, Johannes Kepler, Robert Boyle e Isaac Newton. Cabe mencionar que Kepler, Boyle e Newton apresentaram também concepções mecanicistas em suas teorias, como será melhor descrito à frente.

William Gilbert é considerado o fundador da ciência do magnetismo. Em seu livro De Magnete, ele apresentou diversos fatos sobre o magnetismo. Embora não tenha sido o primeiro a estudar esse fenômeno, suas pesquisas contribuíram significativamente para tornar o assunto mais concreto. Para

Gilbert, o magnetismo era comparável à alma da Terra, refletindo a visão vitalista da natureza comum à época (WESTFALL, 2001).

Durante esse período, o magnetismo era objeto de grande admiração e até mesmo visto como uma proteção contra bruxas e doenças. William Gilbert dedicou-se a estudar essas histórias e separar as lendas da verdade por meio de investigação experimental rigorosa (WESTFALL, 2001).

Em seus experimentos, Gilbert buscava estabelecer os movimentos espontâneos dos ímãs para demonstrar que eles possuíam características animadas, como se fossem dotados de almas. Sugeriu até que, com influência clara do pensamento platônico, a alma magnética era superior à alma humana, pois não era tão facilmente enganada pelos sentidos (HENRY, 1998).

Segundo Gilbert, o movimento magnético era um processo voluntário, sendo que os polos eram comparados aos dois sexos. A direção, variação e inclinação do magnetismo eram resultados da inteligência que organizava o Cosmos. Gilbert afirmava que o magnetismo ocorria quando a pedra-imã atraía o ferro. Suas ideias influenciaram os químicos paracelsianos no início do século XVII (WESTFALL, 2001) já citados anteriormente.

Ainda, cabe citar outros cientistas e pensadores desse período, como Leonardo da Vinci, Nicolau Copérnico, Galileu Galilei e Johannes Kepler. Eles contribuíram para a transformação da ciência, que passou a ser mais empirista e experimental, baseada em observação e medição, e menos dependente da especulação filosófica. Esse processo culminou no desenvolvimento da ciência moderna, no século XVII.

Ao empregar as técnicas matemáticas de Ptolomeu, Nicolau Copérnico se inspira em Pitágoras e Platão. Ao deslocar a Terra do centro do universo e colocá-la entre os planetas, Copérnico destrói os fundamentos da ordem cósmica tradicional. Ao afirmar que é a Terra que se move, e não os céus, ele não só simplifica a mecânica celeste, mas também defende que a condição de repouso é menos nobre e menos divina. Ao colocar o Sol no centro, devido à sua supremacia e perfeição, ele também rejeita Aristóteles. Embora o mundo de Copérnico não esteja mais estruturado hierarquicamente, ainda é bem ordenado e infinito. Para ele, o universo é esférico porque essa é a forma mais perfeita e espaçosa, e o mundo é imensurável. Copérnico rejeita a doutrina aristotélica de

que nada existe fora do mundo, incluindo corpo, lugar e espaço vazio. O mundo de Copérnico é finito, mas ilimitado (KOYRÉ, 2010).

A concepção de universo centrado no Sol de Copérnico e sua teoria planetária foram fundamentais na transição da sociedade medieval para a moderna, pois representaram uma mudança significativa na relação entre o homem, o universo e Deus. A criação de uma cosmologia é essencial para o homem, pois ela fornece uma visão de mundo que dá sentido às suas ações práticas e espirituais (KUHN, 2017).

Desde antes do fim do segundo milênio a.C., e talvez até mesmo antes disso, os antigos babilônios e egípcios realizavam observações regulares do movimento do Sol. Na época antiga, essas observações tornaram o Sol um importante marcador de tempo e calendário, o que forneceu um forte incentivo para a continuação e aperfeiçoamento das técnicas de observação (KUHN, 2017).

Leonard Digges introduziu a concepção de um mundo aberto em substituição à visão tradicional de um mundo fechado. Além disso, ele incorporou uma perspectiva religiosa, posicionando o céu no espaço.

Por sua vez, Giordano Bruno defendeu a infinitude do mundo, rejeitando a ideia de um centro, extremidades ou lados. Enquanto Nicolau de Cusa já havia argumentado que era impossível limitar o mundo, Bruno foi além, afirmando que o infinito era a única forma adequada de expressar e compreender a divindade. Para Bruno, Deus só poderia ser explicado em um mundo infinitamente vasto e rico (KOYRÉ, 2010)

Quando a Terra perdeu sua posição central, a humanidade também perdeu sua posição privilegiada no drama da Criação. No entanto, essa não foi a visão de Nicolau de Cusa, que afirmava com satisfação a promoção da Terra ao plano dos astros nobres. Giordano Bruno, por sua vez, anunciou com entusiasmo a extinção das esferas que nos separavam dos vastos espaços abertos e dos tesouros exauríveis do universo eterno, infinito e sempre em mutação. Para Bruno, o movimento e a mutação são sinais de perfeição, enquanto que para Cusa, a imutabilidade não pode ser encontrada em parte alguma do universo (KOYRÉ, 2010).

Segundo Bruno, não é possível experimentar um mundo finito, pois fora dele sempre haverá algo, e esse algo seria o vazio que não possui um limite

exterior. Para ele, o espaço ocupado pelo nosso mundo e o espaço fora dele são um só, e portanto Deus tratará ambos da mesma forma. Bruno defende que existem infinitos outros "mundos" além do nosso, circundando-o (KOYRÉ, 2010).

Portanto, para ser perfeita e digna do Criador, a obra de Deus deve abarcar todo o possível, ou seja, inúmeros sere individuais, inúmeras Terras, inúmeras estrelas e sóis. Sendo assim Deus necessitaria de um espaço infinito a fim de colocar esse mundo infinito. Podemos dizer que Giordano Bruno é Vitalista (KOYRÉ, 2010).

Kepler rejeita a doutrina da infinitude do universo tanto por razões metafísicas como científicas. Suas concepções religiosas o levam a isso. As descobertas de Galileu Galilei fortalecem a ideia de que o mundo é finito, de acordo com Kepler. Para Kepler, um mundo infinito exigiria uma perfeita uniformidade em sua estrutura e conteúdo, o que ele considerava impossível. O mundo, seja finito ou infinito, deve ter uma estrutura geométrica. Portanto, a negação de Kepler sobre a infinitude do mundo remete a Aristóteles (KOYRÉ, 2010).

Tanto Bruno quanto Kepler afirmaram que o espaço está preenchido por "éter" em toda parte. Newton também acreditava na existência de um éter que preenchia o espaço em nosso mundo, no entanto, a substância que ele propôs era muito mais tênue e elástica do que a descrita pelos outros dois. Tratava-se de um tipo de gás extremamente rarefeito que não preenchia completamente o espaço físico (KOYRÉ, 2010).

Enquanto os aristotélicos medievais explicavam o sentido do movimento com base nas qualidades motoras de leveza e peso absoluto, Galileu recorreu à relação entre o peso do corpo e o peso do meio. Ele aceitou o conceito fundamental de peso específico e considerou todos os corpos, independentemente de sua composição, de maneira igual. Galileu concluiu que todos os corpos poderiam cair ou se mover tanto no vácuo quanto no meio cheio (GRANT, 2002).

Com Galileu, as grandezas homogêneas arquimedianas substituíram os corpos mistos elementares e pesados da Baixa Idade Média como forma de explicar o movimento dos corpos. Embora o peso específico tenha se mostrado inadequado para explicar a queda livre, seu uso no final do século XVI por Galileu, e um pouco antes por Giovanni Battista Benedetti, representou um

avanço significativo em relação às vagas noções de força e resistência que prevaleceram na Idade Média (GRANT, 2002).

Até meados do século XVII, as inteligências continuaram a ser consideradas como motores celestes. Apesar da rejeição dos orbes rígidos, muitos acreditavam que as inteligências foram transferidas para os próprios planetas e encaradas como seus próprios motores. No entanto, alguns filósofos naturais começaram a rejeitar as inteligências como motores celestes e buscaram as causas dos movimentos celestes em forças internas e impessoais. A ideia de que cada orbe celeste possuía uma capacidade intrínseca, natural, de se mover por si próprio, começou a ganhar espaço (GRANT, 2002).

Kepler, como mencionado anteriormente, dedicou-se a explicar por que existiam apenas seis planetas. Além disso, ele sustentava a crença de que o cosmos era um sistema harmonioso governado por proporções matemáticas divinas. Em sua busca, ele procurava encontrar essas proporções matemáticas nas órbitas dos planetas e nas relações entre suas distâncias, tempos e velocidades. Kepler acreditava que os movimentos dos planetas produziam sons ou notas musicais que correspondiam às suas órbitas, formando uma harmonia celestial. Influenciado pela filosofia platônica, Kepler relacionou as órbitas dos planetas com os sólidos platônicos perfeitos (tetraedro, cubo, octaedro, dodecaedro e icosaedro). Ele associou cada sólido a uma órbita planetária, buscando uma harmonia geométrica no cosmos (HENRY, 1998).

Boyle, que será melhor discutido na seção a respeito do mecanicismo, também se envolveu na prática da alquimia. É evidente que sua teoria corpuscular foi mais influenciada pelos trabalhos do alquimista Geber do que pelos atomistas Descartes e Gassendi, como geralmente se argumenta (HENRY, 1998).

Boyle estava profundamente imerso na alquimia experimental, dedicando-se a investigar a composição e as propriedades dos elementos e substâncias. Sua abordagem alquímica enfatizava a existência de partículas fundamentais e suas interações, além de explorar métodos de manipulação e transformação da matéria.

Os escritos de Isaac Newton revelam uma conexão com a tradição pitagórica ou neoplatônica das harmonias cósmicas. Em alguns manuscritos que Newton compôs para uma segunda edição abandonada dos Principia

Mathematica, pode-se observar suas especulações mágico-religiosas sobre um conhecimento esotérico da gravitação universal entre os antigos seguidores de Pitágoras. O esboço completo dá a entender que Newton estava convencido da importância numerológica do número sete, e essa não é a única passagem de seus escritos em que o número sete desempenha um papel relevante.

Em suas discussões sobre as cores do espectro, tanto no primeiro artigo que enviou à Royal Society em 1675 quanto em sua obra Opticks de 1704, Newton traça uma analogia precisa entre as cores e as sete notas da escala musical. Em suas conferências sobre óptica, que não foram publicadas, descobrimos que Newton havia "descoberto" cinco cores no espectro, mas acrescentou outras duas para somarem sete (HENRY, 1998).

Durante grande parte de sua vida, Newton foi um alquimista, e acredita-se que essa perspectiva exerceu uma forte influência em sua visão da natureza da matéria. Essas perspectivas alquímicas podem ser encontradas em seus trabalhos sobre a luz, assim como na sua concepção de gravitação, uma força que atua à distância de maneira semelhante a outras forças da tradição mágica (HENRY, 1998).

A abordagem alquímica de Newton se baseava na crença de que a matéria continha propriedades ocultas e que a compreensão dessas propriedades era essencial para desvendar os segredos do universo. Essa visão influenciou seus estudos sobre a luz, nos quais ele explorou a natureza da cor e a decomposição da luz branca.

Da mesma forma, a concepção de gravitação de Newton, expressa em sua teoria da lei da gravitação universal, também refletia uma abordagem influenciada pela alquimia. A ideia de uma força invisível atuando à distância, conectando corpos celestes e influenciando seu movimento, ressoava com a noção alquímica de forças ocultas e interações místicas entre os elementos.

Nesse sentido, é importante ressaltar, como mencionado anteriormente, que muitos dos cientistas amplamente reconhecidos como mecanicistas, em especial Boyle e Newton, carregavam consigo um viés mágico em suas abordagens. Embora tenham contribuído significativamente para o desenvolvimento do pensamento científico moderno, suas crenças e práticas relacionadas à alquimia e à magia revelam uma complexidade em sua visão de mundo. Essa dualidade entre a busca pela explicação racional e a presença de

elementos mágicos e alquímicos evidencia a riqueza e a diversidade de influências que permearam o pensamento científico da época.

Na Seção seguinte iniciará as discussões a respeito do mecanicismo.

1.2 Corpuscularismo e Mecanicismo

A retomada do atomismo e corpuscularismo no Renascimento ocorreu por meio de um conjunto de fatores que contribuíram para a redescoberta e valorização das teorias atomistas da antiguidade. Um desses fatores foi o resgate e tradução de antigos textos filosóficos e científicos que estavam perdidos ou desconhecidos durante a Idade Média. A redescoberta do último manuscrito sobrevivente de Lucrécio, intitulado "De Rerum Natura", em 1417, foi particularmente significativa nesse processo, pois apresentava uma visão atomista da natureza.

Atomismo e corpuscularismo são duas teorias que se relacionam à natureza da matéria e à composição dos corpos. Embora compartilhem algumas semelhanças, essas teorias possuem diferenças significativas.

O atomismo é uma teoria filosófica que afirma que a matéria é composta por partículas indivisíveis chamadas átomos. Segundo esta teoria, tudo no universo é composto por átomos e suas combinações. O atomismo foi desenvolvido por filósofos gregos antigos, como Demócrito e Leucipo, conforme será melhor explicado adiante, e foi posteriormente retomado por cientistas modernos, como John Dalton e Niels Bohr.

Por outro lado, o corpuscularismo é uma teoria científica que afirma que a matéria é composta por partículas microscópicas, chamadas corpúsculos ou partículas. De acordo com esta teoria, os corpos são compostos por um grande número de corpúsculos que se agregam para formar a matéria. O corpuscularismo foi desenvolvido no século XVII por cientistas como Pierre Gassendi e Robert Boyle.

Uma das principais diferenças entre o atomismo e o corpuscularismo é que o primeiro afirma a existência de partículas indivisíveis, enquanto o segundo afirma que as partículas podem ser divididas em outras partículas menores. Além disso, enquanto o atomismo é uma teoria filosófica, o corpuscularismo é uma teoria científica que pode ser testada e comprovada experimentalmente (SILVA, 2006).

Outra diferença importante é que o corpuscularismo considera a existência de forças intermoleculares entre os corpúsculos, enquanto o atomismo não se preocupa com essa questão. Finalmente, o corpuscularismo foi uma teoria precursora do mecanicismo, enquanto o atomismo foi posteriormente integrado a essa teoria (SILVA, 2006).

Como introduzido brevemente na seção Teorias Gregas, a contribuição grega para o conceito de átomo é atribuída a Demócrito, discípulo de Leucipo. De acordo com sua teoria atomista, os átomos eram partículas indivisíveis e indestrutíveis com a mesma natureza, mas diferiam em tamanho, posição, ordem e forma (ANDERY, 2007; SILVA, 2006). Para Leucipo e Demócrito, os átomos eram entidades imateriais que se moviam aleatoriamente no vácuo e se combinavam para formar a realidade, tanto material quanto imaterial. Segundo essa visão, só existiam os átomos e o espaço vazio, e cada átomo teria uma forma e tamanho imutável e seria indivisível. Haveria um número infinito de átomos espalhados no vazio infinito, em constante movimento e colisão, podendo se unir ou se separar por meio de formas complementares (SILVA, 2006). Essa teoria foi difundida por Lucrécio e continua sendo relevante na física moderna.

De acordo com o Atomismo grego, as qualidades sensíveis ou secundárias da matéria não são inerentes às coisas em si, mas sim uma convenção estabelecida pelos seres humanos. Para Demócrito, a causa dessas percepções está na diferença de forma entre os átomos. Assim, embora os átomos sejam qualitativamente indiferenciados, eles diferem uns dos outros geometricamente. Além disso, a combinação dos átomos ocorre através de movimentos intrínsecos a eles, o que significa que não há espaço para a interferência de forças externas (SILVA, 2006).

Epicuro, em concordância com Demócrito, acredita que os movimentos dos átomos também são eternos e incorruptíveis. Em sua Carta a Heródoto, ele estabelece doze princípios fundamentais da física atômica. Entre eles, destaca-se que a matéria é incriável e indestrutível, e que o universo é composto por corpos sólidos e vazios. Os corpos sólidos, por sua vez, podem ser compostos ou simples, e o número de átomos é infinito. O vazio, por sua vez, é infinito em extensão. Além disso, os átomos estão sempre em movimento, com uma velocidade uniforme. O movimento dos átomos é linear no espaço e vibratório

nos compostos. Os átomos também são capazes de desviar-se ligeiramente em qualquer ponto do espaço ou tempo, e são caracterizados por três aspectos: peso, forma e tamanho. Por fim, embora o número das diferentes formas não seja infinito, ele é inumerável.

Epicuro, como herdeiro do atomismo antigo, também acredita que as diferentes qualidades que percebemos nas coisas decorrem da diferença entre as formas dos átomos. No entanto, uma das principais diferenças entre o sistema de Demócrito e o de Epicuro diz respeito à origem do cosmos. Para Demócrito, o cosmos é formado por meio de um turbilhão, em que os átomos se unem após uma colisão violenta, e somente nesse momento adquirem peso. Já para Epicuro, os átomos são naturalmente dotados de peso e, por meio de seu movimento intrínseco, se unem para formar o cosmos. Ele acredita que os átomos são dotados de peso por sua própria natureza e que esse peso os faz cair em linha reta pelo espaço infinito. No entanto, os átomos também possuem a capacidade de desviar-se ligeiramente em qualquer ponto do espaço ou do tempo. Quando isso ocorre e os átomos se encontram, eles se chocam e dão origem a um vórtice que, com o tempo, se transforma em um mundo. Essa teoria é a explicação de Epicuro para a origem do mundo, e também serve para afirmar a liberdade humana em um aspecto ético. Com isso, Epicuro tenta se distanciar do determinismo democritiano, fornecendo aos átomos não apenas movimento, mas também a capacidade de desviar-se e se chocar para dar origem à criação do mundo (SILVA, 2006).

Lucrécio, seguindo a filosofia de Epicuro, sustenta que tudo o que existe na natureza é composto por átomos e espaço vazio. Segundo ele, o espaço vazio é o local onde ocorrem os movimentos dos átomos. Caso o espaço estivesse preenchido por matéria, Lucrécio questiona como seria possível a existência do movimento contínuo, que é algo que sempre podemos comprovar.

Lucrécio explica o mecanismo da natureza por meio de uma teoria do choque, na qual átomos, espaço vazio e movimento são os elementos fundamentais. Ele acredita que os átomos podem ter diversas formas, desde lisos e redondos até ásperos e pontiagudos, passando por ramificados ou curvos. Apesar de o número de formas ser limitado, a quantidade de átomos com a mesma forma é incalculável. Em cada corpo, os átomos mais diversos se unem em proporções específicas, o que leva à grande diversidade de corpos existentes

na natureza. Dessa forma, a sensibilidade e a sensação são meramente o resultado da configuração específica de átomos que compõem nossos órgãos sensoriais, entrando em contato com outros átomos presentes no ambiente externo (SILVA, 2006).

Uma importante influência para o desenvolvimento das teorias particulas da matéria surgiu dentro da própria tradição aristotélica. Essa influência foi impulsionada principalmente pelos comentários árabes influentes sobre Aristóteles, escritos no século XII por Averróis, e pela crescente compreensão da mudança química durante o Renascimento. A suposição de que as substâncias eram compostas de minima naturalia (partículas mínimas) desempenhou um papel cada vez mais importante nas especulações escolásticas sobre a natureza da matéria. Os aristotélicos ecléticos, como Daniel Sennert, Girolamo Francastoro e David van Goorle, combinaram a tradição da minima naturalia com o atomismo em suas tentativas de reformar as teorias médicas e químicas (HENRY, 1998).

Vários pensadores, incluindo Gassendi, Sennert, Newton e Boyle, recuperaram e refutaram a doutrina atomista durante o período da "revolução científica". Gassendi ficou conhecido como um dos filósofos que revitalizou o atomismo na era moderna. Assim como Boyle, ele criticou o epicurismo tradicional e afirmou que a ordem do universo não poderia ser explicada apenas por combinações fortuitas de átomos, mas sim que era necessário admitir a existência de Deus para tal explicação (SILVA, 2006).

Na obra intitulada Origem das formas e qualidades, Robert Boyle apresenta de forma precisa sua teoria corpuscular, que é uma forma de atomismo. O termo corpuscularismo foi cunhado pelo próprio Boyle e é utilizado em sua teoria da matéria para evitar conotações anti-religiosas associadas ao atomismo desde a Antiguidade Clássica. A hipótese corpuscular de Boyle pode nos ajudar a entender alguns aspectos do atomismo moderno, já que ele defendia que as partículas mínimas foram criadas por Deus (SILVA, 2006). Nesse sentido, Boyle optou por utilizar o termo "teoria corpuscular" em vez de "atomismo", evitando assim associações com questões ateístas.

Boyle acredita que as propriedades surgem da reunião entre diferentes corpúsculos. Ao contrário do atomismo antigo, ele se concentra nas propriedades e qualidades dos corpúsculos presentes na natureza, e não nas

partículas mínimas que os compõem. Além da forma, figura e movimento, Boyle inclui a textura ao descrever as propriedades mecânicas da matéria. A textura é uma propriedade dos agregados de partículas e, para Boyle, são esses agregados corpusculares que estimulam nossos sentidos. Isso ocorre porque um átomo ou partícula isolada não afetaria nossos sentidos, já que não possuem cheiro, cor ou sabor. São as texturas dos corpúsculos que são responsáveis pelas diferentes naturezas e propriedades da matéria (SILVA, 2006).

Além de discordar do atomismo clássico, Boyle acredita que a matéria foi criada por Deus e que o movimento presente na matéria não é caótico, mas sim uma intervenção divina com o propósito de criar o universo (SILVA, 2006).

Antes de se iniciar a seção seguinte, na qual será discutido o mecanicismo propriamente dito, cabe fazer a relação entre atomismo, corpuscularismo e o mecanicismo. A filosofia mecânica se baseava na suposição de que os corpos eram compostos por átomos ou corpúsculos invisivelmente pequenos. Não é surpreendente que uma das principais fontes de inspiração por trás do surgimento dos novos sistemas de filosofia mecânica tenha sido o ressurgimento das filosofias atomistas antigas de Demócrito e, especialmente, de Epicuro. Na verdade, um dos sistemas mais importantes de filosofia mecânica, o de Pierre Gassendi (que será discutido mais adiante), baseava-se em suas tentativas de reconstruir a filosofia natural de Epicuro. No entanto, nem todos os mecanicistas acreditavam na existência de átomos necessariamente indivisíveis. Era possível ser mecanicista e, ao mesmo tempo, endossar a crença de que a matéria era divisível ao infinito, afirmando que havia partículas básicas mínimas envolvidas em todas as mudanças físicas. Por exemplo, Robert Boyle se intitulava um corpusculista, nunca um atomista (HENRY, 1998).

1.2.1 Mecanicismo

O naturalismo é uma atitude que valoriza tanto a nossa experiência quanto a natureza. Existem basicamente duas abordagens opostas dentro das correntes naturalistas. O "realismo" defende teses sobre a realidade independentemente da presença de um observador. Por outro lado, o "descritivismo", típico da tradição positivista, afirma que a ciência só deve atribuir realidade ao que é observável. A questão da natureza última da realidade não é relevante para a

tradição positivista. A posição positivista rejeita dogmas metafísicos e busca separar a ciência, de um lado, e a metafísica e a religião, de outro (SILVA, 2006).

O materialismo é uma posição filosófica naturalista e realista que defende que todas as coisas que existem são compostas de entidades materiais. Segundo o materialismo, a matéria não possui alma ou racionalidade intrínseca e não há propósito ou finalidade na natureza. Isso leva a uma ênfase na causa efeito e a uma visão de mundo chamada de "mecanicismo" (SILVA., 2006).

Na corrente materialista indiana, a matéria era vista como o princípio fundamental e acredita-se somente na evidência dos sentidos para comprovar a existência dos elementos terra, água, ar e fogo, assim como suas combinações. A alma ou consciência seria produzida a partir desses elementos ou se manifestaria a partir deles, através de um processo semelhante à fermentação (SILVA, 2006).

Durante a era moderna, no século XVII, desenvolveu-se um materialismo limitado que foi temperado pela crença em Deus, conhecido como filosofia mecânica. Nessa filosofia, além da presença de Deus (e, no caso de Descartes, de uma substância pensante), ressurgiu a noção atomista de que apenas a matéria em movimento poderia dar conta de toda a complexidade do mundo inanimado, vegetal e animal (com exceção do homem) (SILVA, 2006).

O materialismo mecânico, surgido na era moderna, apresenta duas novidades em relação ao atomismo grego. Primeiro, é inspirado em mecanismos complexos como o relógio mecânico e autômatos primitivos. Segundo, aplica novas leis da física, incluindo a inércia linear e a conservação da quantidade de movimento. Nesse sistema, a matéria é considerada inerte e não exerce forças à distância, sendo modificada somente por meio do contato ou colisão com outros corpos materiais, assim como ocorre nos mecanismos do relógio (SILVA, 2006).

A concepção do mundo como uma máquina desprovida de seres pensantes e movida unicamente por necessidades físicas era o cerne da filosofia mecanicista, que se originou como uma reação ao naturalismo renascentista. Descartes foi um dos principais expoentes do mecanicismo, contrapondo-se ao naturalismo renascentista e argumentando que a natureza não era dotada de mistérios impenetráveis e poderia ser compreendida por meio da razão. Foi a

partir dessa premissa que se consolidou a filosofia mecanicista (WESTFALL, 2001).

A filosofia mecânica postulava que todos os fenômenos deveriam ser explicados com base em conceitos empregados na disciplina matemática da mecânica, como forma, tamanho, quantidade e movimento. Essa abordagem via o funcionamento do mundo natural por meio de analogias com o maquinismo, onde as mudanças eram causadas (e podiam ser explicadas) pela interação entre os corpos, assim como as engrenagens de um relógio, ou pelo impacto e transferência de movimento de um corpo para outro (HENRY, 1998).

A concepção mecanicista da natureza não foi criada por uma única pessoa. Embora já tenha sido sugerida por Galileu e Kepler, essa nova concepção da natureza ganhou força nos escritos de homens como Mersenne, Gassendi e Hobbes. Apesar disso, René Descartes exerceu uma influência muito maior do que qualquer outro indivíduo e, apesar de seus excessos, conferiu aos argumentos dessa nova corrente de pensamento um grau de rigor filosófico que não foi alcançado em nenhum outro lugar (WESTFALL, 2001). De forma curiosa, a concepção de mundo mecanicista surgiu como resposta do catolicismo ao ataque contra o naturalismo animista, feito pelo padre Marin Mersenne (1623). Mersenne acreditava que a ameaça das doutrinas naturalistas estava na ideia de que a matéria seria ativa, o que retiraria de Deus e dos seres humanos a responsabilidade pelas questões humanas. Para ele, se não houvesse atividade alguma na matéria, Deus teria que ser invocado para explicar essa atividade. Assim, a igreja católica incentivou o desenvolvimento da filosofia mecânica (SILVA, 2006).

Na filosofia mecânica, a separação entre matéria e espírito era uma premissa fundamental. A matéria seria governada apenas por causas eficientes, e a criação do universo seria atribuída a Deus, que teria posto a matéria em movimento de uma vez por todas. Esse movimento seria indestrutível e se conservaria ao longo do tempo. Para Descartes, essa concepção implicava que Deus não precisaria mais intervir no mundo (SILVA, 2006).

Pode-se abordar o dualismo entre espírito e matéria em Descartes. De acordo com ele, todas as substâncias, sejam elas espirituais ou materiais, possuem extensão. A dicotomia entre a substância pensante e a matéria é tal que as propriedades características da última não podem ser atribuídas à

primeira. Essa separação total resultou na exclusão das características psíquicas da natureza material (WESTFALL, 2001). No entanto, Henry More contesta esse dualismo.

More atribui ao espírito propriedades opostas às de um corpo, como penetrabilidade, indivisibilidade e a capacidade de contrair ou dilatar. More também usa o termo "discerpibilidade" para descrever a capacidade exclusiva dos corpos de se dividirem em partes separadas. Seu objetivo é refutar a crença aristotélica em um mundo finito e a negação da existência de espaço vazio fora dele. Para isso, ele utiliza argumentos medievais que demonstram a incompatibilidade da cosmologia aristotélica com a onipotência de Deus (KOYRÉ, 2010).

Descartes chegou à conclusão da existência de Deus por meio do Cogito e, posteriormente, à existência do mundo físico. Em contraste com Aristóteles, que afirmava que as qualidades possuem uma existência real e são uma categoria do ser, e que aprendemos diretamente sobre a realidade através dos sentidos, como quando percebemos que um objeto parece vermelho porque possui a qualidade da vermelhidão em sua superfície, ou que um objeto parece quente porque contém a qualidade do calor. Para Descartes, na realidade, os corpos são compostos apenas por partículas de matéria em movimento, e todas as suas qualidades aparentes (exceto a extensão) são meras sensações causadas pela invasão de corpos em movimento em nossos nervos (WESTFALL, 2001).

Durante o século XVII, havia um consenso de que Deus era a fonte do movimento. No começo, Ele criou a matéria e a colocou em movimento. O movimento é um estado em que a matéria permanece até que algo externo interfira, provocando uma mudança. O impacto pode transferir o movimento de um corpo para outro, mas o movimento em si permanece indestrutível (WESTFALL, 2001). No universo mecanicista, Deus era frequentemente retratado como o relojoeiro que havia criado as partículas atômicas, estabelecido suas leis de movimento, as colocara em funcionamento e as deixara agir por conta própria. O deísmo, uma versão elaborada dessa concepção, foi um ingrediente importante no pensamento dos séculos XVII e XVIII. À medida que essa concepção progrediu, a crença em milagres diminuiu, pois estes eram uma suspensão das leis mecânicas e uma intervenção direta de Deus e seus anjos

nos assuntos terrestres. No final do século XVIII, um número crescente de indivíduos, tanto cientistas quanto não cientistas, questionavam a necessidade de pressupor a existência de Deus (KUHN, 2017).

Não é coincidência que Descartes e Gassendi, os dois homens que construíram os dois principais sistemas mecanicistas da natureza, tenham também contribuído significativamente para a formulação do conceito de inércia. Descartes e Gassendi foram os primeiros a insistir que o movimento inerte tem de ser um movimento retilíneo e que os corpos que se movem em círculos ou em curvas devem ser forçados por alguma causa externa (WESTFALL, 2001).

Para Descartes o vácuo não pode existir. Para ele, a matéria que preenche o espaço é composta por partículas. Essas partículas formam uma corrente onde cada uma empurra a vizinha mais próxima, até que o impulso retorne à primeira partícula em um movimento aproximadamente circular, evitando o vácuo, ou seja, os movimentos são possíveis porque cada corpo que se move desloca-se para um espaço deixado vago ao mesmo tempo. Para Descartes, essas correntes circulares eram os únicos movimentos duradouros possíveis, levando-o a acreditar que, independentemente do impulso inicial dado por Deus aos corpúsculos na criação, eles acabariam se movimentando em um conjunto de vórtices espalhados pelo espaço (KUHN, 2017). Tem-se então a Teoria dos Vórtices.

Descartes propôs que o movimento circular e rápido do centro de cada vórtice gera uma vibração constante que se propaga por todo o espaço. Para ele, essa vibração é a luz, que emerge continuamente dos sóis ou das estrelas, que são os centros dos vórtices. Além disso, Descartes explicou o movimento da lua, das marés e dos projéteis postulando um conjunto de pequenos vórtices subsidiários, um para cada planeta (KUHN, 2017; WESTFALL, 2001).

Descartes propôs que o sistema solar está localizado em um imenso vórtice, composto por uma enorme quantidade de matéria, de modo que a órbita de Saturno é apenas um ponto insignificante em comparação com o conjunto. Assim como os demais corpos, os planetas tendem a se afastar do centro, mas a uma certa distância do centro, essa tendência é equilibrada pela tendência da matéria que se move rapidamente no vórtice, além dos planetas. Uma órbita é resultado de um equilíbrio dinâmico entre a tendência centrífuga de um planeta

e a pressão oposta resultante da tendência centrífuga da matéria restante que compõe o vórtice (WESTFALL, 2001).

Se considerarmos a existência de um enorme vórtice de matéria, as partículas menores tenderão a se acumular no centro devido à menor tendência centrífuga. A aglomeração e o atrito resultante dessas partículas no centro gerarão a luz e o calor que observamos no Sol e nas estrelas fixas (sendo cada uma delas o centro de um vórtice). Partículas maiores se unem para formar os planetas, que são arrastados pelo vórtice em órbitas fixas de acordo com suas densidades. Se um planeta se aproximar mais do centro do vórtice, por exemplo, encontrará partículas menores em movimento mais rápido. Consequentemente, seu próprio movimento aumentará e ele adquirirá uma maior tendência centrífuga, o que o empurrará para fora novamente. Outra premissa importante do sistema de Descartes é a afirmação de que a quantidade de movimento no mundo permanece sempre constante (HENRY, 1998).

Descartes também tentou explicar a gravidade com a teoria dos vórtices. Segundo ele, a gravidade é uma consequência da tendência centrífuga deficiente, na qual alguns corpos são atraídos para baixo em direção ao centro por outros com uma tendência centrífuga maior, que se movem para cima (WESTFALL, 2001).

Possivelmente o exemplo mais significativo para a filosofia mecanicista foi o magnetismo. Descartes propôs que, ao girar, o vórtice produz partículas em forma de parafuso que se encaixam nos poros do ferro de maneira semelhante A atração magnética é causada pelo movimento dessas partículas que, ao passarem pelos poros nos magnetos e no ferro, afastam o ar entre os dois objetos e fazem com que se unam. Para explicar os pólos magnéticos, ele postulou a existência de parafusos canhotos e destros (WESTFALL, 2001).

A filosofia mecanicista descrevia todas as funções orgânicas do corpo humano em termos mecânicos. O coração era comparado a uma chaleira, onde o seu calor era semelhante ao calor da fermentação, e a sua função consistia em ferver e expandir as gotas de sangue que eram forçadas para lá a partir das veias e expelidas pela pressão da vaporização. A base fundamental de toda a sua teoria da natureza era a afirmação de que a realidade física não se assemelhava em nada às aparências reveladas pelas sensações (WESTFALL, 2001).

Pierre Gassendi, dentro da corrente mecanicista, desempenhou um papel importante na reabilitação do atomismo antigo e da filosofia de Epicuro. Ele subordinou, porém, sua doutrina católica, acreditando na alma incorpórea e imortal criada por Deus. Para ele, Deus criou os átomos e seus movimentos, e o número de átomos é finito. Os movimentos não seriam governados por necessidade, já que estariam sujeitos à intervenção divina. Por outro lado, Thomas Hobbes negou a imortalidade da alma e o livre arbítrio, e considerou que Deus seria imaterial. A contribuição original de Hobbes à filosofia mecânica foi tentar estender a física de Galileu e a fisiologia de William Harvey para o funcionamento da percepção e do pensamento humanos (SILVA, 2006).

Gassendi e Descartes tinham diferenças em suas concepções como atomistas. Descartes sustentava que a matéria era infinitamente divisível, enquanto Gassendi afirmava a existência de unidades básicas indivisíveis. Descartes concebia um universo preenchido por matéria, enquanto Gassendi defendia a existência de vazios, espaços sem matéria. Ambos concordavam que a matéria era qualitativamente neutra e que os fenômenos naturais decorriam do movimento das partículas de matéria. No entanto, Gassendi rejeitava a equação entre matéria e extensão, indo contra o programa científico cartesiano. Para Gassendi, os átomos possuíam extensão, mas esta não constituía sua essência. Ele acreditava que a natureza não era completamente acessível à razão humana. A filosofia qualitativa de Aristóteles apareceu em diferentes formas em seus escritos, como a postulação de partículas com formas específicas para explicar determinadas qualidades. Descartes, por sua vez, relacionava o calor com o movimento das partes do corpo e considerava o frio como a ausência de calor. Já Gassendi propunha a existência de partículas específicas para o calor e o frio, chamadas de caloríficas e frigoríficas, respectivamente (WESTFALL, 2001).

Descartes também dedicou atenção ao fenômeno das cores na ciência da óptica. Antes disso, a luz e as cores eram consideradas como entidades distintas. As cores eram vistas como qualidades reais dos corpos, iluminados pela luz, mas diferentes desta última. No entanto, certos fenômenos, como o arco-íris, apresentavam cores que não correspondiam às superfícies dos objetos e eram denominadas "cores aparentes". A filosofia de Descartes negava a possibilidade de existirem qualidades reais como as cores. Segundo ele, todas

as cores são meras aparências, e era seu objetivo provar que as aparências poderiam ser relacionadas com os mesmos princípios atribuídos à luz. Ele afirmava que a luz é uma pressão transmitida através de um meio composto de minúsculas esferas. As cores, por sua vez, são sensações causadas por um tipo de movimento dessas esferas, especificamente a rotação em torno de um eixo. Descartes concluiu, por meio de um argumento complexo baseado em experimentos com prismas, que a refração pode alterar a velocidade de rotação, gerando a sensação de vermelho quando a rotação é mais rápida e a de azul quando é mais lenta (WESTFALL, 2001).

Cientistas ao longo da história têm se dedicado a compreender como os corpos interagem entre si. Não se limitam apenas a buscar as leis matemáticas que descrevem essas interações, mas também a investigar se existem mecanismos que transmitem essas forças mútuas (SILVA, 2006).

Robert Boyle é indubitavelmente o mais importante químico mecanicista. Ele acreditava que a matéria era composta de inúmeras partículas uniformes que se uniam para formar partículas maiores, que por sua vez, formavam os materiais e corpos com os quais a química lida. Segundo Boyle, todas as diferenças observadas entre os corpos são devido às diferenças na forma e no movimento dessas aglomerações secundárias, que são as partículas efetivas que compõem os corpos. Ele estava particularmente interessado em aplicar a concepção mecanicista às reações químicas. Apesar de Boyle, como Lemery e Mayow, ter adotado uma fachada mecanicista, sua química incluía uma parte considerável da tradição paracelsiana (WESTFALL, 2001). Boyle, embora tenha tentado se distanciar das práticas alquímicas, ainda estava interessado em transformações químicas e na possibilidade de converter substâncias em outras formas.

Em sua tese de doutorado, Cecon (2010) realiza uma análise histórica de Robert Boyle, revelando que o pensador possui uma faceta alquimista e outra mecanicista. No entanto, Cecon (2010) afirma que estudos contemporâneos têm destacado que o mecanicismo e a química boyleana são distintos e até mesmo inconciliáveis. Alguns historiadores da ciência, com base nessa divisão, não categorizam Boyle como mecanicista, mas sim como um químico ou alquimista. Um dos motivos que sustentam essa contraposição entre o pensamento químico

e o mecanicista em Boyle é o fato de que ele frequentemente reduz a explicação do mundo à composição e ao arranjo das partes.

Ainda assim, grande parte dos textos que dizem respeito à Boyle, o tratam como “pai” da química mecanicista, ou seja, possuem uma historiografia wighista.

Não há como negar que Robert Boyle foi um renomado químico e filósofo mecanicista da próxima geração que considerou o atomismo e o cartesianismo como duas manifestações da mesma visão de mundo. Foi Boyle quem cunhou o termo "filosofia mecanicista". Para ele, a filosofia mecanicista explicava todos os fenômenos naturais através dos "dois princípios católicos": matéria e movimento (WESTFALL, 2001).

Boyle se dedicou a investigar os fenômenos observados em seu laboratório, utilizando a experimentação e a observação como seus métodos primordiais. Através de seus experimentos, buscou modificar a natureza e observar os efeitos que surgiam. Um exemplo notável desses experimentos foi o uso da bomba de vácuo, que permitiu a Boyle refutar a concepção aristotélica e escolástica de que a natureza repudiava o vácuo. Em sua obra intitulada "Novos experimentos sobre a elasticidade do ar" (1660), ele demonstrou de forma conclusiva que era possível criar um vácuo utilizando a bomba de vácuo (SILVA, 2006).

Boyle dedicou-se incansavelmente à investigação dos fenômenos observados em seu laboratório, utilizando a experimentação e a observação como seus métodos primordiais. Por meio de seus experimentos, ele buscava modificar a natureza e observar os efeitos resultantes.

Boyle, como um defensor da nova filosofia mecânica, tentou demonstrar em seu trabalho "A Origem Mecânica do Calor e do Frio" (1675) que esses fenômenos são produzidos pela matéria em movimento. Ele acreditava que era possível explicar certos fenômenos naturais usando máquinas como modelo. Como filósofo mecânico, seu objetivo era compreender a natureza através da interação entre corpos e movimento. Ele considerava que os corpos eram compostos por partículas indivisíveis que formavam os corpúsculos. A teoria do choque era fundamental em sua explicação, pois era por meio do contato entre corpos que se podia explicar vários fenômenos observados na natureza (SILVA, 2006).

Boyle, como um cristão devoto, tinha como objetivo principal unir a filosofia experimental, a hipótese corpuscular da matéria e a existência de Deus em seu empreendimento filosófico. Dessa forma, ele pretendia afastar o "ateísmo" epicurista. Boyle sentia-se cada vez mais próximo de Deus a cada nova descoberta. Para ele, a filosofia natural era um instrumento eficaz para a prova cosmológica de Deus, já que a variedade e perfeição das coisas não poderiam ter surgido do nada. Segundo ele, as leis da natureza são expressões da vontade divina no ato da criação, pois as leis dependem "da vontade do autor divino". Além disso, Boyle criticava a derivação cartesiana da conservação do movimento dos corpos a partir da ideia da imutabilidade de Deus (SILVA, 2006).

Robert Boyle percebeu, com a invenção da bomba de ar, que ao introduzir um barômetro dentro dela, a coluna de mercúrio, que inicialmente estava na altura normal, começava a descer à medida que o ar era extraído. Em outra experiência, uma bexiga contendo uma pequena quantidade de ar se expandia continuamente à medida que o interior da bomba era esvaziado. Os fenômenos observados por Boyle levaram-no a sugerir que o ar é um fluido elástico que se expande quando as barreiras externas são removidas. Devido à sua elasticidade, o ar exerce pressão, e é a pressão do ar, e não apenas o seu peso, que mantém a coluna de mercúrio do barômetro. Boyle referiu-se à elasticidade como "elasticidade no ar" e, como um filósofo mecanicista, imaginou que cada partícula de ar é como uma pequena mola que pode ser comprimida por uma força externa. A lei de Boyle é um produto ideal da ciência do século XVII, em que uma simples relação quantitativa atendia prontamente à necessidade de descrições matemáticas precisas dos fenômenos e de explicações mecanicistas (WESTFALL, 2001).

John Mayow, um médico e químico inglês, representa outro defensor do atomismo mecanicista na química. Sua obra ilustra como a filosofia mecanicista pode facilmente apoiar um ponto de vista tradicional. Para Mayow, tanto a respiração quanto a combustão dependiam da mesma substância no ar, que ele chamou de "espírito nitroaéreo". Esse nome foi derivado do nitro (salitre) e descreveu o fato de que materiais feitos de nitro, como a pólvora, que contêm seu próprio "espírito nitroaéreo", podem queimar sem a presença de ar. Mayow considerou o espírito nitroéreo como um gás separado que faz parte do ar, mas é a causa da elasticidade do ar. Em termos mecanicistas, ele falou sobre as

partículas nitroaéreas encaixadas como cunhas nas partículas do ar, tornando-as elásticas. Visto dessa forma, a partícula nitroaérea de Mayow não era mais do que um princípio ativo paracelciano disfarçado com enfeites mecanicistas (WESTFALL, 2001).

Outro cientista que também incorporou uma combinação de concepções vitalistas e mecanicistas em suas investigações foi Isaac Newton. Quando ainda era um jovem professor na Universidade de Cambridge, estudou os escritos de Boyle e utilizou-os como base para as suas especulações sobre a estrutura da matéria. A química newtoniana era igualmente fundamentada na filosofia mecanicista como a de Boyle, mas distinguiu-se da química de Boyle e da maior parte da química do século XVII ao reconhecer a existência de forças entre as partículas. Enquanto Boyle usava a química para demonstrar que todos os fenômenos naturais derivavam de partículas materiais em movimento, Newton utilizava os fenômenos químicos como evidência de que as partículas materiais se atraem e repelem mutuamente (WESTFALL, 2001).

Newton, em certa época, opunha-se à ideia de ação direta à distância e procurou explicar a interação gravitacional por meio de modelos baseados em um éter de densidade variável entre os corpos. Ele também trabalhou com a ideia de que a gravitação era causada por um fluxo de partículas que preencheriam o espaço, sendo que a atração entre dois corpos seria devida a um empurrão de fora para dentro exercido por essas partículas. No entanto, em seu livro "Princípios Matemáticos de Filosofia Natural", Newton apresentou a principal lei de interação à distância, sua lei da gravitação universal, que afirma que a matéria atrai a matéria na razão direta das massas e na razão inversa do quadrado de suas distâncias. Além disso, Newton defendeu esse tipo de ação ocorrendo também na óptica.

De acordo com Silva (2006), Newton afirmou em seu livro Optica que a interação entre os corpúsculos de luz e a matéria ocorre diretamente à distância, e não pelo contato imediato. Essa interação é responsável pelos fenômenos da reflexão, refração e inflexão dos raios luminosos.

Newton mantinha uma teoria corpuscular da luz, segundo a qual a luz era composta de partículas extremamente pequenas emitidas pelos corpos brilhantes a alta velocidade, em contraposição à teoria ondulatória da luz defendida por Descartes, Hooke e Huygens. Apesar disso, Newton acreditava

que, durante a reflexão da luz, as partículas luminosas eram defletidas e curvadas antes de atingir a superfície refletora, devido a uma interação entre a matéria e as partículas luminosas (SILVA, 2006).

Newton e outros cientistas do século XVII ainda não estavam satisfeitos com a concepção corpuscular da gravidade. Para a maioria dos corpuscularistas, a gravidade como um princípio inato inativo era semelhante às tendências para o movimento aristotélicas, que foram rejeitadas por unanimidade. O sistema de Descartes foi elogiado por sua eliminação completa de todas essas qualidades ocultas. Os corpúsculos de Descartes eram neutros, e o peso era explicado como resultado de um impacto. A concepção de um princípio atrativo interno que opera à distância parecia uma regressão ao misticismo da ciência medieval. Newton procurou uma explicação mecânica para a atração gravitacional, e alguns físicos mais competentes do século XVIII continuaram a procurar uma explicação mecânico-corpuscular da gravidade, mas sem sucesso (KUHN, 2017).

Outros cientistas já haviam utilizado a terminologia da gravidade antes de Newton, mas ele procurou compreendê-la sem recorrer à ideia de uma força direta entre a Terra e os objetos. Em suas primeiras conjecturas, Newton considerou que a gravidade poderia ser gerada por uma espécie de fluxo de éter, uma substância invisível que fluiria do espaço em direção à Terra com grande velocidade, empurrando os objetos para baixo. Para evitar um acúmulo crescente de éter no interior da Terra, era necessário supor que ele de alguma forma saísse. Se a velocidade do fluxo de éter fosse constante, mas sua densidade aumentasse à medida que se aproximasse da Terra, a pressão gerada por esse fluxo deveria aumentar. Consequentemente, o peso de um objeto próximo à superfície da Terra seria maior do que o de um objeto distante da superfície (SILVA, 2006).

Newton conjecturou que a gravidade poderia se estender por grandes distâncias, afetando corpos celestes como a Lua e o Sol, e que a Lua seria afetada pela gravidade da Terra (SILVA, 2006).

Newton também conjecturou que o Sol, assim como a Terra, possuía um tipo de gravidade produzida pelo éter que era puxado e condensado dentro do Sol. Essa força atrairia os planetas em direção ao Sol, contrabalançando a

tendência que os planetas possuem de se afastar do centro do movimento circular (SILVA, 2006).

Newton foi influenciado por diversas correntes de pensamento e saberes, frutos da revolução científica do século XVII. Além de se dedicar à física, matemática, filosofia e astronomia, Newton também estudou alquimia, astrologia, cabala, magia e teologia, sendo um grande conhecedor da Bíblia. Ele e outros filósofos naturais do século XVII acreditavam que todos esses campos do conhecimento poderiam contribuir para o estudo dos fenômenos naturais. No século XVI e XVII, houve um forte interesse na alquimia, astrologia, magia, profecias bíblicas e previsões apocalípticas. Newton mergulhou profundamente nesses estudos e dedicou grande parte de sua vida à interpretação das profecias bíblicas, buscando demonstrar que elas se referiam à situação da igreja em diferentes épocas. A historiadora da ciência Betty Jo Tetter Dobbs destaca que, a partir de 1675, a carreira de Newton passou a integrar a alquimia e a filosofia mecânica, buscando compreender a essência da matéria e a natureza divina. Para Newton, a alquimia era uma forma de estudar a micro-matéria e entender como Deus havia projetado a natureza. Além disso, ele defendia que a interação não mecânica entre as partículas, explicada por suas leis, requeria a presença de Deus na ordem natural (SILVA, 2006).

Após o falecimento de Newton em 1727, várias pessoas instruídas e cientistas passaram a conceber que o universo consistia em um espaço infinito neutro que era habitado por um número igualmente infinito de corpúsculos. Esses corpúsculos eram governados por leis passivas, como a inércia, assim como por alguns princípios ativos, como a gravidade (KUHN, 2017).

No século XVII, a óptica recebeu muita atenção e foi fortemente influenciada pela filosofia mecanicista. De acordo com a filosofia atomista, que abordava a questão em termos materiais, os objetos emitiam constantemente simulacros de si mesmos, finas camadas de átomos que reproduziam o objeto em sua forma e cor. À medida que se restringiam progressivamente nas linhas da pirâmide visual, os simulacros entravam no olho, onde eram percebidos. Todas as escolas, independentemente de considerarem a luz como algo que emana do olho ou algo externo que entra nele, concordavam que, no ato da visão, os objetos eram vistos em sua unidade orgânica. Kepler dividia a unidade dos objetos visuais em pontos, que tinham uma relação com o objeto visível,

assim como as partículas ou átomos da filosofia mecanicista se relacionavam com os objetos comuns do mundo da experiência (WESTFALL, 2001).

Durante o século XVII, os filósofos mecanicistas tendiam a criar mecanismos que corroborassem teorias em vez de contestá-las, como foi o caso de Descartes, Grimald, Hooke e Boyle na discussão das cores. Embora tenham alterado os detalhes do mecanismo, não consideraram a hipótese de uma mudança fundamental. Newton propôs uma nova abordagem para as cores, ao considerar a possibilidade de que os raios que causam as sensações de diferentes cores diferem intrinsecamente uns dos outros e são refratados em ângulos diferentes. Isso implicaria que um prisma separaria os raios para produzir as cores, em vez de modificá-los. Para testar sua ideia, Newton observou um fio metade vermelho e metade azul através de um prisma, e as duas extremidades pareciam estar separadas. A ideia foi confirmada pela experiência e transformou a explicação das cores. Newton defendeu que as cores do espectro são modificações da luz branca produzida pelo prisma, e que a luz branca é uma mistura heterogênea de raios que diferem nas sensações de cor que provocam e no grau de refração que sofrem. Portanto, o fenômeno das cores surge da separação dos raios que compõem a luz branca, e não da sua modificação (WESTFALL, 2001).

Quando a teoria de Newton foi publicada pela primeira vez, ela não foi compreendida por seus contemporâneos. Por mais de dois mil anos, desde o início da filosofia natural sistemática, a luz branca havia sido considerada simples e primitiva. Ao contrário, Newton afirmava que a luz branca era uma mistura de raios heterogêneos, cada um dos quais produzia uma sensação de cor diferente. O que constitui a luz simples não é a luz branca, a mistura, mas sim seus componentes. Quando esta inversão de conceitos foi assimilada, constatou-se que o trabalho de Newton constituía um contributo significativo para a filosofia mecanicista da natureza, colocando numa base experimental o que Descartes colocara apenas numa base especulativa. Ao aceitar que as cores não podem ser qualidades reais dos corpos, mas somente sensações causadas pela luz, Newton incorporou definitivamente a teoria das cores na óptica. Ele destruiu a distinção entre cores reais e aparentes e relacionou todas as sensações de cor com princípios idênticos (WESTFALL, 2001).

Newton, assim como Descartes, defendia a natureza mecânica da luz. Ele acreditava que os corpúsculos que causavam a sensação de vermelho eram maiores do que os que causavam a de azul. Entre 1670 e 1679, ele desenvolveu uma teoria complexa para explicar os fenômenos ópticos em termos mecânicos. Essa teoria postulava que todo o espaço era preenchido por uma matéria sutil chamada éter, e que as variações na densidade do éter causavam a mudança na direção dos corpúsculos da luz que passavam por ele. A "Hipótese da Luz" de Newton era uma representação típica da filosofia mecanicista do século XVII (WESTFALL, 2001).

No entanto, cerca de quatro anos após sua criação, Newton deixou de acreditar na existência do éter. Ele passou a usar a atração entre partículas para explicar quase todos os fenômenos que anteriormente atribuíra a variações na densidade do éter (WESTFALL, 2001).

A concepção corpuscularista da luz foi criticada por Christiaan Huygens. Uma das suas principais ideias foi que a luz se propagava através do espaço como uma onda, e não como partículas, como acreditavam alguns dos seus contemporâneos (WESTFALL, 2001).

Huygens desenvolveu a teoria ondulatória da luz, que postulava que a luz se comportava como uma onda que se propagava através de um meio material, como o éter. Ele propôs que a luz era composta por ondas que se moviam perpendicularmente à direção de propagação da luz, e que essas ondas interferiam umas com as outras para criar os padrões de luz que vemos (WESTFALL, 2001).

Tanto a teoria ondulatória de Huygens quanto a teoria corpuscular de Newton explicavam em maior ou menor grau uma ampla gama de fenômenos ópticos básicos. Entretanto, no final do século XVII, a filosofia mecanicista, que inicialmente encorajou a ótica e forneceu o idioma comum utilizado por estudiosos como Newton e Huygens, tornou-se um obstáculo para qualquer progresso adicional. Experimentos recentes haviam revelado três propriedades ou fenômenos que eram completamente inexplicáveis por qualquer um dos modelos mecanicistas existentes (WESTFALL, 2001).

Se a maioria dos principais químicos da primeira metade do século XVII era paracelsiana, as figuras mais eminentes da segunda metade eram quase todos mecanicistas (WESTFALL, 2001).

Nicolas Lemery (1645-1715) foi o principal químico da França durante a segunda metade do século XVII. Em sua obra, ele discutiu os mecanismos pelos quais o espírito do sal marinho precipita os metais dissolvidos pela aqua fortis. Segundo Lemery, as partículas pontiagudas mais volumosas do espírito do sal marinho empurram e abanam as partículas da aqua fortis até que o metal dissolvido caia (WESTFALL, 2001).

De acordo com Lemery, os ácidos são compostos por partículas aguçadas que ele frequentemente chamava de "pontas ácidas". Essas partículas são muito leves e podem sustentar partículas metálicas que estão espetadas nelas. Os alcalis, por sua vez, são compostos por partículas porosas nas quais as partículas pontiagudas podem se espetar. Aí está a explicação do por que uma certa quantidade de ácido dissolve apenas uma certa quantidade de metal, já que assim que cada ponta prende uma partícula de metal, o ácido não pode mais dissolvê-lo (WESTFALL, 2001).

Lemery também ofereceu uma explicação para o motivo pelo qual os solventes abandonam os corpos que mantêm em solução e migram para outros. Ao adicionar um material apropriado à solução para atacar e quebrar as pontas ácidas que prendem as partículas de ouro, ocorre uma precipitação do ouro. Os espíritos alcalinos voláteis estão saturados de "sais altamente ativos" que agitam os corpos que encontram de forma tão vigorosa que as pontas se rompem. Mesmo que sejam quebradas, as pontas permanecem suficientemente afiadas e ativas para perfurar as partículas de sal, dissolvendo-as através do calor e da ebulição (WESTFALL, 2001).

Lemery, embora não tenha desenvolvido uma teoria química, conseguiu explicar as propriedades observadas dos materiais estudados. Segundo ele, o enxofre, ou óleo como ele o denominava, era composto por partículas flexíveis e ramificadas que se entrelaçavam com outras partículas, demonstrando a viscosidade típica de óleos e gorduras. Além disso, Lemery acreditava na existência de minúsculas partículas redondas e inflamáveis, o que tornava sua compreensão da combustão um tanto quanto enigmática (WESTFALL, 2001).

De acordo com Lemery, as doenças são infecções ácidas que se propagam pelo ar e, portanto, são similares ao veneno. Para combater essas doenças, ele recomendava o uso de alcalis, que tinham a capacidade de neutralizar a acidez das infecções (WESTFALL, 2001).

Ao final do século XVII, a química havia acumulado um conjunto de dados muito superior ao século anterior. A filosofia mecanicista oferecia apenas uma linguagem para descrever as reações químicas, e não havia critérios para avaliar a superioridade de um mecanismo imaginado em relação a outro. Consequentemente, a filosofia mecanicista se dissolveu em tantas versões quantos os químicos, e em nenhuma outra área da ciência, a tendência de imaginar mecanismos invisíveis foi levada a extremos mais absurdos. É difícil acreditar que a filosofia mecanicista tenha contribuído significativamente para o progresso da química como ciência. No entanto, ela conseguiu introduzir a química nos limites da ciência natural, tornando-a respeitável para a comunidade científica, algo que a química nunca havia alcançado antes (WESTFALL, 2001).

Diante das contribuições mencionadas no decorrer do presente texto histórico, é possível afirmar que apesar do Renascimento ser considerado como uma mudança abrupta na Ciência, muitos dos cientistas continuam carregando consigo em suas teorias, certo misticismo. Vitalismo e mecanicismo coexistem.

REFERÊNCIAS

ALFONSO-GOLDFARB, A. M. **Da alquimia à química.** São Paulo: Landy Editora. 2001.

ANDERY, M. A. et al. **Para compreender a Ciência:** uma perspectiva histórica. Rio de Janeiro: Espaço e tempo, 1988.

BURCKHARDT, T. **Alquimia.** Barcelona: Plaza & Janés, 1976.

CECON, K. **A relação entre a filosofia mecânica e os experimentos alquímicos de Robert Boyle**. 2010. 160 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

DEBUS, A. G. **O homem e a natureza no Renascimento**. Portugal: Porto Editora, 2002.

ELIADE, M. **Herreros y alquimistas**. Madrid: Alianza Editorial, 1974.

GANGUILHEM, G. **O conhecimento da vida.** Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2012.

GRANT, E. **Os fundamentos da ciência moderna na Idade Média**. Portugal: Porto Editora, 2002.

HENRY, J. **A revolução científica e as origens da ciência moderna**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1998.

KOYRÉ. A. **Do mundo fechado ao universo infinito**. 4.ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2010.

KUHN, T. S. **A revolução copernicana**. Lisboa: Edições 70, 2017.

LEICESTER, H. M. **The historical background of chemistry**. Nova York: Courier Corporation, 1971

MAAR, J. H. **Historia da Química - Primeira Parte - Dos Primórdios a Lavoisier**. Florianópolis: Conceito, 2008.

SILVA, C. C. **Estudos de história e filosofia das ciências:** subsídios para a aplicação no Ensino. 1. Ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

WESTFALL, R. S. **A construção da Ciência Moderna:** Mecanismos e Mecânica. Portugal: Porto Editora, 2001.