



Universidade Estadual de Maringá
Centro de Ciências Exatas
Departamento de Física

Trabalho de Conclusão de Curso

Uma breve introdução às Epistemologias da Ciência de Thomas Kuhn e de Karl Popper

Acadêmico: Leonardo Gabriel José Mendes Voltarelli

Orientador: Daniel Gardelli

Maringá, 5 de fevereiro de 2024



Universidade Estadual de Maringá
Centro de Ciências Exatas
Departamento de Física

Trabalho de Conclusão de Curso

Uma breve introdução às Epistemologias da Ciência de Thomas Kuhn e de Karl Popper

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Departamento de
Física, da Universidade Estadual
de Maringá, como parte dos requi-
sitos para obtenção do título de li-
cenciado em Física

Acadêmico: Leonardo Gabriel José Mendes Voltarelli

Orientador: Daniel Gardelli

Maringá, 5 de fevereiro de 2024

Sumário

Agradecimentos	4
Resumo	5
Introdução	1
1 As revoluções científicas	3
1.1 Paradigma	4
1.2 Ciência normal	6
1.3 Crise no paradigma	9
1.4 Revoluções científicas	10
1.5 Exemplos	13
1.6 Educação Científica	15
1.7 Exemplo Prático na Sala de Aula: Evolução dos modelos atômicos	17
2 O conhecimento Objetivo	19
2.1 O problema da indução	20
2.2 Falseabilidade	21
2.3 Corroboração	23
2.4 Três Mundos	24
2.5 Uma abordagem evolutiva	26
3 Proposta para o ensino	29
3.1 Pontos guias	30
Conclusões	33
Referências Bibliográficas	35

Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao professor Daniel Gardelli, por fornecer a oportunidade de realizar esse trabalho.

Resumo

Neste trabalho, investigamos a Epistemologia da Ciência, com foco nas obras de Thomas Kuhn e Karl Popper, dois influentes filósofos da ciência. Discutimos como suas perspectivas moldaram nossa compreensão da aquisição, validação e evolução do conhecimento científico. Ao longo dos capítulos, exploramos as ideias distintas de Kuhn sobre revoluções científicas, bem como a abordagem de Popper centrada no falsificacionismo. Considerando as principais ideias de cada obra, proponho um guia para a formulação de aulas que visem apresentar uma visão mais precisa da ciência. Tais pontos servem como guias para que o ensino não mostre a ciência como sendo uma verdade absoluta, mas sim que a ciência é algo dinâmico que evolui com o tempo.

Palavras-chave: Epistemologia da Ciência, Thomas Kuhn e Carl Popper.

Introdução

De maneira geral, o ensino pode ser entendido como um diálogo no qual ocorre uma troca mútua de cultura entre o professor e o aluno. De acordo com Paulo Freire [Freire 1971] o professor desempenha o papel de fornecer a cultura erudita, na qual estão incluídas as ciências. Essa cultura erudita abrange os conhecimentos científicos acumulados ao longo da história e tem o objetivo de ampliar o horizonte de conhecimento dos alunos.

No contexto do ensino de ciências, existe uma correlação entre os posicionamentos epistemológicos dos professores e a maneira como eles ministram as aulas [Medeiros e Filho 2000]. Nesse sentido, uma análise mais minuciosa da filosofia da Ciência se torna substancialmente relevante para o ensino.

Além disso, é importante ressaltar o problema da postura dogmática em relação à ciência, que é a noção de que a ciência é um método infalível para se obter a realidade última. Essa visão não possui fundamentação na prática científica nem na maneira como ela se desenvolve ao longo do tempo. Ter uma compreensão concreta da natureza da ciência, de seu contexto social e de sua história é fundamental para o desenvolvimento do pensamento crítico no ensino de ciências [Auler 2007, Moreira e Ostermann 1993].

Tendo em mente que uma compreensão do que é a ciência e como ela evolui é essencial para o ensino, este trabalho busca proporcionar uma introdução sobre o assunto a estudantes de física interessados em explorar o campo da filosofia da ciência.

Filósofos como Karl Popper e Thomas Kuhn revolucionaram ainda mais o campo, oferecendo novas perspectivas sobre a natureza da ciência, a falsificabilidade das teorias e os paradigmas científicos. Suas contribuições moldaram a filosofia da ciência contemporânea, promovendo uma compreensão mais profunda dos processos científicos e das estruturas do conhecimento.

A proposta deste trabalho é fornecer um guia prático composto por pontos fundamentais para que um professor possa preparar uma aula, tendo em mente as ideias mais essenciais de cada uma das obras estudadas. Esses pontos foram selecionados para refletir a natureza da ciência conforme as perspectivas de Kuhn e Popper, com o objetivo de evitar que a ciência seja ensinada de forma dogmática. A ideia é transmitir a ideia de que a ciência evolui ao longo do tempo e não é absoluta.

O presente texto pretende ser uma breve introdução aos conceitos centrais das obras mais importantes desses pensadores. O primeiro capítulo aborda alguns conceitos-chaves

da obra de Thomas Kuhn, “A Estrutura das Revoluções Científicas” [Kuhn 2021]. O segundo capítulo abrange algumas ideias que aparecem nas obras “A Lógica da Pesquisa Científica” e “Conhecimento objetivo” [Popper 2004, Popper 2021].

Por fim, no terceiro capítulo, apresento alguns pontos guias para a formulação de uma aula que, a princípio, podem ajudar o professor a transmitir uma noção mais precisa do que é ciência.

Capítulo 1

As revoluções científicas

Thomas S. Kuhn, renomado filósofo da ciência, dedicou-se, sobretudo, ao estudo da história da ciência, destacando um contraste fundamental entre duas concepções da atividade científica: por um lado, a ciência foi tradicionalmente vista como uma empreitada inteiramente racional e controlada, uma perspectiva formalista que enfatiza a lógica e a atividade experimental como pilares centrais. Por outro lado, Kuhn introduziu uma perspectiva historicista, que entende a ciência como uma atividade concreta que se desenrola ao longo do tempo, caracterizada por peculiaridades e características próprias em cada época histórica. Essa revolução na reflexão sobre a ciência representa uma mudança significativa ao considerar não apenas os aspectos lógicos e empíricos que cercam a atividade científica, como defendia o modelo formalista, mas também os aspectos históricos e sociológicos que influenciam a prática científica.

Neste capítulo, exploramos a compreensão das ideias de Thomas S. Kuhn, conforme apresentadas em sua obra “A Estrutura das Revoluções Científicas” [Kuhn 2021]. Exploraremos os fundamentos dessa abordagem inovadora, que rompe com a visão formalista tradicional da ciência. Em vez de considerar a atividade científica apenas como uma busca lógica e empírica, Kuhn introduz uma perspectiva historicista, destacando a importância dos contextos históricos e sociológicos na evolução do pensamento científico.

Nossa exploração se concentrará nos conceitos centrais de Kuhn, examinando como ele desafia as concepções estabelecidas sobre a natureza da ciência. Além disso, será abordada a relevância dos exemplos apresentados por Kuhn para sustentar seus argumentos, esclarecendo como eles enriquecem a compreensão das mudanças paradigmáticas ao longo da história da ciência. Ao longo deste capítulo, buscamos fornecer uma visão mais profunda sobre como Kuhn revolucionou a forma como percebemos a atividade científica, incorporando aspectos históricos e sociológicos como elementos fundamentais. Essa abordagem mais abrangente destaca a ciência como uma prática dinâmica, moldada por peculiaridades específicas de cada período histórico, contribuindo para uma compreensão mais completa e contextualizada do desenvolvimento científico.

Ao encerrar este capítulo, será oferecida uma reflexão sobre as implicações das ideias de

Thomas S. Kuhn nas aulas de ciências. Exploraremos como a adoção de uma perspectiva historicista pode transformar a educação científica, incentivando uma apreciação mais profunda da ciência como uma exploração em constante evolução do mundo ao nosso redor. Além disso, apresentaremos algumas perspectivas práticas para a sala de aula, destacando como os educadores podem incorporar os princípios kuhnianos no ensino. Essas perspectivas visam não apenas informar aos alunos sobre os fatos científicos, mas também inspirar uma compreensão mais holística da ciência, abordando suas nuances históricas e sociológicas.

Para ilustrar a aplicação dessas ideias na prática, apresentaremos um exemplo específico na sala de aula: a Revolução na Compreensão do Modelo Atômico. Esta abordagem prática buscará envolver os alunos em uma experiência educacional que vai além da mera transmissão de informações, incentivando-os a compreender as mudanças de paradigmas, crises científicas e a evolução do pensamento científico. Assim, este capítulo não apenas discutirá os conceitos fundamentais de Kuhn, mas também fornecerá orientações e exemplos concretos para inspirar uma abordagem mais dinâmica e reflexiva no ensino de ciências, conectando a teoria à prática educacional.

1.1 Paradigma

Um “paradigma”, na filosofia da ciência de Thomas Kuhn, é um conceito fundamental que descreve um conjunto de crenças, conceitos, métodos, práticas e valores compartilhados por uma comunidade científica durante um período específico. É a base que guia o pensamento e a pesquisa dos cientistas em uma determinada disciplina. O paradigma é, essencialmente, um modelo mental compartilhado que os cientistas usam para entender o mundo e conduzir suas investigações. Ele inclui princípios teóricos que explicam os fenômenos observados, regras de método que orientam a pesquisa, terminologia especializada que facilita a comunicação dentro da comunidade científica e uma visão de mundo específica que molda a maneira como os cientistas interpretam os dados e os eventos.

De acordo com Kuhn, as teorias, leis ou conjuntos de realizações científicas só se tornam paradigmas se possuírem simultaneamente as duas características centrais:

- Suas realizações foram suficientemente sem precedentes para atrair um grupo duradouro de participantes, afastando-os de outras formas de atividade científica dissimilares.
- Suas realizações são suficientemente abertas para permitir que qualquer tipo de problema seja resolvido por esse grupo de participantes.

Um paradigma oferece estabilidade no pensamento científico durante o período que Thomas Kuhn denominou “ciência normal”. Durante a ciência normal, os cientistas trabalham dentro dos limites do paradigma estabelecido, resolvendo problemas específicos e

refinando as teorias existentes. Isso cria um senso de continuidade e coesão na pesquisa dentro da comunidade.

Também uma maneira de compreender a ciência dentro de um paradigma é compará-la com a ciência realizada na ausência de um. No segundo caso, todos os fatos parecem ter igual relevância, pois falta uma base comum que permita a seleção, avaliação e crítica. Além disso, a ausência de um método comparativo resulta em diversas divergências nesse período da ciência. Em algum sentido, essas divergências representam o embate de escolas de pensamento diferentes que pretendem ser paradigmas, e é apenas quando uma delas é estabelecida como tal que as divergências desaparecem.

Outro ponto crucial é que cada grupo em competição possui sua própria fundamentação teórica. Dessa forma, todo trabalho produzido por eles deve, de alguma maneira, começar do princípio e justificar cada termo utilizado. Isso não ocorre sob um paradigma, pois uma vez estabelecido, um novo trabalho não precisa justificar os termos que utiliza e também não necessita começar dos fundamentos. Um subproduto disso é que um texto científico, quando produzido em um campo que possui um paradigma estabelecido, só será compreendido por aqueles que compartilham do conhecimento desse mesmo paradigma, sendo assim, a ciência nesse período tem um caráter cumulativo. Em contraste, um texto produzido na ausência de um paradigma pode ser entendido por todos, pois não possui esse caráter de crescimento, sendo desconexo do restante e independente.

Devido ao fato de os paradigmas terem limites que determinam o que é considerado pesquisa válida e aceitável, os cientistas muitas vezes resistem a mudanças significativas nos paradigmas, uma vez que investiram tempo e esforço na construção e defesa do paradigma existente. Essa resistência à mudança é uma característica importante da ciência normal. No entanto, os paradigmas não são eternos. Quando surgem anomalias, questões não resolvidas ou evidências que não se encaixam no paradigma estabelecido, isso pode levar a uma crise. Essas crises podem eventualmente resultar em revoluções científicas, nas quais o paradigma é substituído por um novo modelo de pensamento que oferece uma compreensão mais abrangente ou precisa da natureza.

Tome como exemplo prático o desenvolvimento da teoria do eletromagnetismo, um caso frequentemente citado por Kuhn em sua obra. Nos primórdios dessa teoria, correspondendo a um estágio em que ainda não havia um paradigma estabelecido, diversas correntes de pensamento competiam entre si [Meyer 1971]. Alguns consideravam a eletricidade como um fluido, enquanto outros sustentavam que eletricidade e magnetismo eram fenômenos independentes, gerando um cenário de falta de consenso. Nesse período inicial, havia uma profusão de dados sobre os fenômenos elétricos, mas a ausência de um consenso dificultava a determinação do aspecto mais fundamental entre eles. Além disso, os textos produzidos nessa época eram acessíveis a qualquer pessoa, mesmo aquelas sem conhecimento técnico aprofundado.

Somente após a unificação da teoria eletromagnética, que estabeleceu um paradigma

para a área, a pesquisa começou a se tornar cumulativa, [Maxwell 1873]. Essa unificação proporcionou uma explicação abrangente para todos os fenômenos observados, consolidando-se como um marco crucial. Vale ressaltar que, ao fornecer uma estrutura unificadora, a teoria do eletromagnetismo não apenas permitiu que a pesquisa progredisse de maneira mais eficaz, mas também convergiu a atenção de diversos grupos de cientistas, que anteriormente discordavam entre si, para um entendimento comum.

Dessa forma, o exemplo do desenvolvimento da teoria do eletromagnetismo ilustra como a transição de uma fase pré-paradigmática para uma fase com um paradigma estabelecido propicia não apenas a acumulação de conhecimento, mas também a coesão e convergência de esforços dentro da comunidade científica.

O paradigma, segundo Thomas S. Kuhn, não é apenas uma estrutura teórica, mas molda uma visão de mundo. Ele vai além de oferecer métodos científicos, permeando a mente dos cientistas com pressupostos sobre a realidade e influenciando suas escolhas e interpretações. Esse aspecto fundamental será explorado nas próximas seções, evidenciando como os paradigmas são construtores de perspectivas na prática científica.

Em resumo, o conceito de paradigma de Kuhn destaca a importância da estruturação do pensamento científico em uma dada época. Os paradigmas fornecem um contexto teórico e metodológico para a pesquisa, influenciando a maneira como os cientistas veem o mundo e conduzem suas investigações. No entanto, eles não são imutáveis e estão sujeitos a revisão e substituição em face de novas evidências e desenvolvimentos na ciência.

1.2 Ciência normal

Na fase de ciência normal, que ocorre no período em que existe um paradigma bem estabelecido, a comunidade científica opera sob a égide de uma teoria estabelecida. Esse estágio, segundo Kuhn, é fundamental para a atividade científica, pois fornece o quadro conceitual que orienta a pesquisa. Durante esse período, os cientistas trabalham para resolver questões específicas e enfrentar desafios dentro do contexto da teoria aceita, consolidando e refinando o conhecimento existente. A ciência normal é marcada pela estabilidade e pela busca contínua de soluções dentro dos parâmetros estabelecidos pelo paradigma vigente, preparando o terreno para o avanço gradual do entendimento científico.

O paradigma não apenas promete a resolução de problemas, estabelecendo o que deve ser feito e o que se espera alcançar, mas também afirma que ele próprio pode ser verificado de maneira contínua. Nas palavras de Kuhn, a ciência normal é a constante atualização dessa promessa. Essa renovação ocorre ao ampliar o conhecimento dos fatos considerados particularmente relevantes pelo paradigma, aumentando a correlação entre esses fatos e as previsões do paradigma. Esse processo não apenas contribui para o desenvolvimento do paradigma em si, mas também gera novos problemas a serem explorados. Assim, o

paradigma não apenas assegura a promessa inicial de resolver problemas, mas também a amplia continuamente ao longo do tempo, promovendo ainda mais questões a serem investigadas.

Dentro da ciência normal, existem três tipos distintos de busca por fatos. Primeiramente, temos a classe de fatos que o paradigma mostra ser particularmente reveladora da natureza das coisas. Essa primeira classe é crucial, pois é o que torna o paradigma digno de verificação contínua e aprofundamento. Os fatos dentro dessa categoria são essenciais para consolidar e expandir a compreensão proporcionada pelo paradigma. Em segundo lugar, encontramos a classe de fatos que, embora não possuam necessariamente um interesse próprio, podem ser comparados com as previsões do paradigma. Essa comparação serve como uma forma de validar e reforçar as afirmações do paradigma, fortalecendo ainda mais a confiança na sua capacidade explicativa. Por fim, a terceira classe consiste na busca empírica por fatos que possam contribuir para a articulação do paradigma, resolvendo ambiguidades remanescentes e abordando problemas que antes não eram considerados tão relevantes. Essa busca vai além da simples verificação, buscando aprimorar e expandir o paradigma de maneira contínua.

Outro aspecto interessante é que, uma vez imersos em um paradigma, a interpretação de diversos resultados só faz sentido quando utilizamos a linguagem própria desse paradigma. Por exemplo, medir a constante gravitacional só adquire significado pleno dentro da teoria da gravitação, destacando como a interpretação dos resultados está intrinsecamente ligada ao arcabouço conceitual do paradigma em questão.

Durante a ciência normal, o foco principal é a resolução de quebra-cabeças ou problemas que se encaixam nos moldes do paradigma. A pesquisa concentra-se em questões específicas e na aplicação das teorias aceitas para responder a essas questões.

Kuhn argumenta que a ciência normal é uma atividade cumulativa, na qual o conhecimento científico é gradualmente aprimorado e expandido dentro do paradigma estabelecido. Os cientistas refinam teorias existentes e acumulam evidências que sustentam essas teorias. No entanto, Kuhn reconhece a estabilidade da ciência normal, na qual os cientistas tendem a resistir a mudanças radicais no paradigma. Essa resistência à mudança é uma característica importante da ciência normal, uma vez que a comunidade científica investe tempo e esforço na construção e defesa do paradigma estabelecido.

Um aspecto fundamental da ciência normal, inicialmente aparentando ser contraditório, é sua capacidade de detectar anomalias. Essa detecção é possível porque o processo de criação de novos experimentos consiste em resolver quebra-cabeças cada vez mais complexos, ou seja, em encontrar algo que a teoria já preveja como resultado. A cada novo experimento, os cientistas buscam aprofundar a precisão das medidas, utilizando o menor número possível de parâmetros. Eles trabalham para reduzir ao máximo as influências externas, de modo que a previsão feita pelo paradigma seja o mais precisa possível. É essa rigorosidade que possibilita a detecção sistemática de anomalias.

A aparente contradição surge da seguinte forma: quanto mais refinamos o tipo de resultado que buscamos, mais capazes nos tornamos de observar as nuances da incompatibilidade entre o paradigma e o que estamos testando. Em uma analogia um tanto simples: quanto mais estreitamos nossa visão, melhor conseguimos perceber as diferenças.

Uma peculiaridade notável dos problemas enfrentados durante a ciência normal, conforme descrito por Kuhn, é a sua natureza semelhante a quebra-cabeças. Esses problemas agem como testes de engenhosidade para os pesquisadores. Conforme mencionado anteriormente, esses problemas já têm um resultado esperado pelo paradigma em vigor. Portanto, o percurso até a solução é bem definido, não deixando espaço para inovações, exceto pelo aumento gradual da complexidade dos quebra-cabeças propostos.

Tomando a teoria das placas tectônicas como exemplo prático de ciência normal. A teoria das placas tectônicas foi proposta em 1912, por Alfred Wegener(1880-1930). Ela transformou profundamente nossa compreensão da Terra. Antes dessa teoria, a Terra era considerada uma entidade sólida e estática, interpretando fenômenos como vulcanismo e terremotos de maneira isolada e não correlacionada. Com a teoria das placas tectônicas, esses fenômenos foram unificados sob uma linha central de pensamento, atribuindo-os ao movimento de grandes blocos da crosta flutuando sobre o manto semi-fluido [Hallam 1973].

Na ciência normal subsequente, geólogos dedicaram-se consistentemente à aplicação dessa teoria para explicar uma variedade de fenômenos, marcando uma jornada de progresso gradual. Refinaram a teoria, mapearam as fronteiras entre as placas, categorizaram diferentes tipos de limites de placas e aprimoraram a compreensão dos mecanismos subjacentes ao movimento das placas. Essa abordagem incremental possibilitou uma compreensão mais detalhada dos processos geológicos que moldam nosso planeta.

Dentro da estabilidade conceitual da ciência normal, a teoria das placas tectônicas tornou-se um guia confiável para explicar terremotos, formação de montanhas e atividade vulcânica em diversas regiões. Aplicações práticas dessa teoria tornaram-se vitais para prever eventos geológicos e interpretar padrões observados em diferentes partes do globo. Geólogos trabalharam incansavelmente para integrar novas observações e dados, aprimorando constantemente a teoria das placas tectônicas.

A integração da teoria das placas tectônicas com disciplinas como paleontologia e climatologia exemplifica o processo cumulativo na ciência e como o paradigma tende a se articular e resolver problemas anteriormente não propostos. Ao unir conhecimentos, essa abordagem proporciona uma compreensão mais rica dos processos terrestres. A dinâmica das placas, conectada à distribuição de continentes e oceanos, influencia ecossistemas, eventos de extinção e padrões climáticos globais. A colaboração entre disciplinas não só fortalece a teoria, mas também enriquece a narrativa completa da evolução terrestre, demonstrando como o conhecimento integrado impulsiona avanços significativos na ciência normal.

1.3 Crise no paradigma

De vez em quando, a ciência normal acaba se deparando com anomalias, o que leva frequentemente à formulação de novas teorias para abordar esses “problemas”. A incapacidade de resolver esse quebra-cabeça é um dos principais motivos que sinalizam o declínio de um paradigma. Essas anomalias podem ser de diferentes tipos. Elas podem incluir descobertas que contradizem as previsões do paradigma, a identificação de lacunas teóricas que o paradigma não pode preencher ou a acumulação de evidências que não se ajustam à estrutura conceitual do paradigma. À medida que essas anomalias se acumulam, elas criam uma sensação de desconforto e incerteza dentro da comunidade científica.

Quando uma anomalia emerge, ela pode desencadear três situações distintas. A primeira é a mais comum, na qual o paradigma eventualmente resolve o problema ao longo do tempo. A segunda envolve a substituição completa do paradigma. A terceira consiste em adiar a resolução do problema para futuras gerações de pesquisadores, geralmente quando não há uma solução imediata e tampouco um paradigma substituto. As duas últimas sinalizam o início de uma crise, e é quando um número significativo de cientistas começa a reconhecê-la e trabalhar nela que a instabilidade realmente se instaura. Isso ocorre porque esse trabalho consiste em evidenciar cada vez mais a incompatibilidade entre a previsão e o esperado, e muitas vezes acaba por gerar novas descobertas.

A decisão de um cientista em rejeitar uma teoria vai além da incompatibilidade dela com a natureza. Para que ocorra a rejeição, deve existir uma alternativa viável. Portanto, quando uma anomalia surge, os cientistas, inicialmente, resistem a abandonar o paradigma. Nas palavras de Kuhn: “Rejeitar um paradigma sem ter outro para substituí-lo é rejeitar a própria ciência.” Os cientistas inicialmente aplicam diversas modificações e ajustes às suas teorias na tentativa de contornar o problema, mas essas alterações carecem de justificativas além de sua finalidade específica de resolver a anomalia. Esse processo resulta na emergência de diversas versões do mesmo paradigma, enfraquecendo-o. Quanto mais uma anomalia persiste sem solução, maior é a discrepância entre o paradigma modificado e o paradigma original para resolvê-la.

A rigidez, o conjunto de regras, a conduta de pesquisa e as interpretações estabelecidas pelo paradigma, quando confrontados com a anomalia, geram uma incapacidade de resolver quebra-cabeças. Se a anomalia persiste apesar da articulação do paradigma, isso cria uma tensão característica do período de crise. Os cientistas, nesse período, se veem obrigados a viver em um mundo desordenado, visto que, eles têm como objetivo adequar algo que não se encaixa. A resistência à mudança é uma característica notável nesse estágio, uma vez que os cientistas muitas vezes têm um investimento intelectual e emocional considerável no paradigma que sustentaram ao longo de suas carreiras.

A pesquisa durante períodos de crise se transforma em uma investigação totalmente nova e extraordinária. Enquanto sob um paradigma os cientistas não necessitam recor-

rer à filosofia para orientar suas ideias, durante períodos de crise, a filosofia torna-se mais proeminente no pensamento dos pesquisadores. Outro efeito decorrente da crise é a proliferação de diversas escolas de pensamento, competindo entre si, assemelhando-se ao período pré-paradigmático. A criatividade, o uso de diferentes recursos e a discussão dos fundamentos são alguns exemplos da direção que a pesquisa toma nesse momento de crise.

1.4 Revoluções científicas

A transição para um novo paradigma representa uma revolução científica, marcando uma transformação profunda no pensamento científico e na maneira como os cientistas abordam os problemas e interpretam os fenômenos. Esse período é caracterizado por não ser cumulativo, pois se escolhe um em detrimento de outros. A discussão que ocorre na comunidade científica se baseará em um processo de escolha em que não se tem só como parâmetro a natureza ou a lógica, mas sim aceitação pela comunidade científica, sendo assim, a persuasão de um discurso sobre um paradigma é sim algo relevante. A natureza dos fenômenos e a lógica podem ser desconsideradas pois as escolas que competem discordam na própria definição desses conceitos. Além disso, colocar paradigmas em discussão implica fornecer uma visão de como a ciência será guiada por cada um deles.

Durante a substituição de um paradigma, escolhe-se também diferentes teorias. Existem três tipos de fenômenos a partir dos quais novas teorias podem surgir. O primeiro consiste em fenômenos já explicados pelo paradigma, sendo assim, a teoria resultante não possui força, pois é difícil de discriminar entre a teoria atual e a proposta. O segundo tipo envolve fenômenos cuja explicação requer uma articulação do paradigma, contribuindo significativamente para a pesquisa científica. Somente quando a articulação não aborda o fenômeno, ele se torna uma anomalia, o terceiro caso.

Um ponto crucial para compreender por que a mudança de paradigma não se resume a uma simples alteração de teoria é o seguinte: uma teoria é concebida para solucionar problemas específicos, o que a torna altamente restrita em sua aplicação. Portanto, uma teoria, mesmo sendo útil em termos de resultados, não possui a capacidade de orientar a pesquisa científica devido às suas limitações. A mudança em si é acompanhada de uma nova perspectiva de possíveis resoluções e articulações da teoria, ou seja, ela tem que prometer ser ampla, se adequar ao que já existe e se adequar a mais casos. A visão de mundo dos cientistas muda drasticamente com a introdução de um novo paradigma, tornando os problemas anteriores desprovidos de valor intrínseco para dar valor a outros. Além disso, o novo paradigma altera a própria natureza dos objetos que se busca explicar.

Durante a substituição de um paradigma, uma teoria descartada pode ser um caso limite da que a sucedeu, mas as interpretações e sentidos dos conceitos estabelecidos são radicalmente diferentes. A tradição científica no novo paradigma é totalmente incompa-

tível com a anterior, indo além dos valores. O paradigma, como método de análise do mundo, modifica a visão de mundo dos cientistas, influenciando a interpretação e o método científico. A pesquisa sob diferentes paradigmas revela mundos distintos, proporcionando perspectivas diversas sobre o mesmo objeto. Essa visão divergente não é um engano; ela permeia áreas como filosofia, linguística e psicologia. Nas palavras de Kuhn, “embora o mundo não mude com a mudança de paradigma, os cientistas passam a trabalhar em um mundo diferente.” Não há uma linguagem neutra que permita ver o mundo como ele é, pois a produção de uma linguagem para essa finalidade pressupõe um paradigma específico. Após uma revolução, muitos equipamentos e linguagem são mantidos, mas são utilizados de maneira diferente pelos cientistas.

Como a ciência já é um método para tentar verificar a verdade, quando confrontada com algo para o qual não se pode ter certeza a partir da ciência, não há para onde recorrer para verificar sua realidade. Nesse sentido, não se pode ver o mundo sem um paradigma. É isso que torna a mudança de paradigma algo não cumulativo.

Dentro da literatura científica, existem autoridades, ou seja, textos com maior relevância e peso. Essas obras incluem principalmente manuais científicos, textos de divulgação e obras filosóficas que refletem os conjuntos de paradigmas aceitos pela comunidade científica. Esses textos registram as evidências e delineiam o que representa a ciência normal da época. Além disso, essas autoridades literárias estão intrinsecamente ligadas às revoluções científicas. Sempre que ocorre uma revolução, novos textos precisam ser produzidos para refletir as mudanças paradigmáticas. Esses textos são limitados ao estado atual da ciência, resultando em leitores imersos naquela tradição específica. A narrativa apresentada nesses textos muitas vezes retrata a história como uma progressão linear e interpretada de maneira a fazer a ciência parecer cumulativa. Essa interpretação é enganadora, pois os textos apresentam uma nova perspectiva sobre problemas e resultados, mas não refletem necessariamente a compreensão real que se tinha na pré-revolução. Embora forneçam informações sobre fatos do período pré-revolucionário, a visão é influenciada pela nova abordagem paradigmática, ocultando nuances e perspectivas anteriores. Uma consequência de todo esse processo é que esses textos de autoridade tornam as revoluções invisíveis.

No próximo capítulo, será apresentado o conceito de falsificação de Popper. Embora esse conceito possa ser inicialmente interpretado como o descarte de uma teoria ao enfrentar uma anomalia, Kuhn argumenta que a tentativa de verificar se uma teoria corresponde aos fatos é um empreendimento sutil. Em determinado período, todas as teorias podem concordar com os fatos, mas apenas de maneira relativa. A disputa entre paradigmas não é algo que possa ser resolvido simplesmente pela verificação da veracidade, pois envolve complexidades que vão além dessa abordagem direta. Nos dois paradigmas em disputa, os cientistas observam as mesmas coisas; no entanto, a relação entre essas coisas é alterada. Em geral, os aparatos experimentais, as ferramentas e a linguagem usados em um paradigma anterior são apropriados pelo novo, mas a interpretação dessas coisas e do que

elas geram é totalmente diferente. A transição de um paradigma para outro não pode ser realizada por meio de passos lógicos ou experiências neutras, pelo contrário, é uma mudança abrupta entre dois mundos distintos.

Não há nada de lógico ou científico na escolha de paradigmas. O que realmente converte uma comunidade para um novo paradigma são conjuntos de argumentações com o propósito de persuadir. Uma das mais utilizadas é a promessa de que a nova prática resolverá todos os problemas que geraram a crise no paradigma anterior. Outra consiste na garantia de que a nova prática revelará fenômenos totalmente novos que antes não eram sequer cogitados. Além disso, podem existir argumentos de natureza estética, como “essa teoria é mais simples” ou “essa teoria é mais bonita”. Kuhn também afirma que a escolha inicial de aderir a um determinado paradigma dentre os que estão em competição é feita a partir da fé. Isso ocorre porque a escolha se baseia na promessa de resolver problemas que até então não foram postos a prova. É somente quando se obtém um conjunto significativo de adeptos que o paradigma pode provar sua validade. Esse efeito assemelha-se a uma bola de neve, pois à medida que ganha adeptos, estes expandem o paradigma e ampliam sua promessa, o que, por sua vez, atrai mais adeptos, culminando na conversão de toda uma comunidade.

A transição para um novo paradigma chega ao fim quando a comunidade científica se unifica em um único conjunto, seguindo uma única tradição de pesquisa. Existe, em geral, uma resistência ferrenha por parte da comunidade treinada no antigo paradigma em aderir ao novo. Isso se justifica pela natureza da ciência normal, que representa uma fonte de convicção fundamental em seu papel.

Essas transições para um novo paradigma frequentemente resultam em algo que se assemelha ao progresso. Uma ciência está amadurecida quando passa por diversas revoluções. A ciência normal, que é o resultado dessa transição, também compartilha dessa aparência de progresso. A ciência normal dá a impressão de ser cumulativa e de que existe algum progresso, mas isso só é possível porque anteriormente houve um período de competição que deu origem a essas mudanças.

A profundidade da especialização contribui para a maturidade da ciência. Isso se deve em parte pelo isolamento da comunidade científica, que é uma característica notável. Dentro da ciência normal, a avaliação e validação ocorrem principalmente entre os próprios participantes dessa prática especializada. O cientista, ao não se preocupar com exigências externas, mantém um foco singular, o que possibilita um progresso sem precedentes. Esse isolamento, aliado à dedicação intensa, é uma das forças impulsionadoras do avanço científico durante períodos de ciência normal. É a rigidez da ciência normal que propicia o surgimento de anomalias, e é precisamente esse fenômeno que abre caminho para o desenvolvimento de novas teorias. Portanto, o progresso científico ocorre, em grande parte, devido à capacidade de a ciência normal identificar inconsistências e desafios em sua própria estrutura estabelecida.

Kuhn argumenta que ciências como medicina, ciências sociais e economia dependem de validações que vão além de suas próprias comunidades, o que, por vezes, resulta em um desenvolvimento mais lento. Um novo cientista nessas áreas é confrontado com uma ampla gama de problemas e soluções divergentes, muitas vezes conflitantes, cuja resolução é relativa. Por outro lado, em ciências maduras, como as naturais, os manuais frequentemente ignoram diversos problemas históricos, capacitando os iniciantes a avançar rapidamente para a fronteira do desenvolvimento. Os manuais de uma ciência amadurecida são extremamente compactos e têm como princípio pedagógico treinar o ingressante o mais rapidamente possível. Isso reflete a eficiência desses manuais em transmitir o conhecimento consolidado da ciência, proporcionando uma formação mais ágil aos novos praticantes.

Em uma ciência amadurecida, não se questiona a sua validade. O que se observa é uma articulação cada vez maior de suas premissas. Somente quando surge uma anomalia ocorre uma pausa nesse processo. Esse modelo proporciona uma velocidade de desenvolvimento muito maior do que em uma ciência na qual a avaliação dos problemas e resultados deve ser feita individualmente por cada novo praticante de maneira particular.

A principal característica de uma comunidade científica é que ela é otimizada para maximizar o número de problemas resolvidos e sua sensibilidade a anomalias por meio de uma mudança de paradigma. É como se fosse um ciclo: primeiro, há rigidez na prática científica, o que possibilita o surgimento de divergências, e destas resultam inevitáveis revoluções, o que por sua vez restabelece um período de rigidez. Kuhn afirma que talvez “progresso” não seja a palavra certa para descrever o resultado do empreendimento científico, mas sim “evolução” no sentido da teoria da seleção natural de Darwin. As ideias científicas não têm um propósito subjacente, uma finalidade. Elas meramente competem, o que naturalmente restringe aquela ideia de que algumas sejam superiores a outras.

1.5 Exemplos

Talvez a maneira mais clara de entender como que revoluções fazem a ciência evoluir seja a partir de exemplos reais.

Um exemplo notável é a revolução na física quântica, no início do século XX, que desafiou o paradigma dominante da física clássica, baseado nas leis de movimento de Newton e no determinismo. Na visão clássica, as propriedades de uma partícula, como sua posição e velocidade, poderiam ser medidas simultaneamente com precisão infinita, e as leis da física clássica eram consideradas aplicáveis a todas as escalas. No entanto, surgiram diversas anomalias e inconsistências que abalaram esse paradigma. Uma das primeiras anomalias notáveis foi a "catástrofe do ultravioleta". Conforme a física clássica, o espectro de energia de um corpo negro deveria tender ao infinito à medida que ele aquecesse, o que contradizia as observações. Para solucionar esse problema, Max Planck

propôs a ideia de quantização da energia, ou seja, sugeriu que a energia é quantizada em unidades discretas, conhecidas como "quanta". Essa inovação inaugurou a física quântica.

Outra anomalia intrigante estava relacionada ao comportamento dual de partículas subatômicas. Essas partículas exibiam propriedades tanto de partículas quanto de ondas, como evidenciado no experimento de dupla fenda de Young. No paradigma clássico, as partículas deveriam se comportar estritamente como partículas, sem exibir características ondulatórias. No entanto, a física quântica introduziu o conceito de dualidade onda-partícula, explicando que partículas subatômicas podem se comportar de maneira ondulatória em certas circunstâncias. Além disso, a física quântica introduziu o conceito de superposição, em que partículas poderiam existir em múltiplos estados simultaneamente, e o conceito de indeterminação, que implica em limites na precisão com que podemos medir certas propriedades das partículas. Essa nova forma de interpretar os resultados de um experimento representa uma mudança fundamental, uma vez que agora o mundo não é mais considerado determinístico. Em vez disso, apenas a forma da distribuição de probabilidades de um possível resultado é determinística.

Esses novos conceitos e paradigmas da física quântica revelaram um mundo subatômico surpreendentemente complexo, desafiando a compreensão convencional da matéria e da energia. Essa revolução na física não apenas resolveu as anomalias e inconsistências do paradigma clássico, mas também impulsionou inovações em diversas áreas, tornando-se hoje um dos pilares da ciência moderna.

Outro exemplo notável de revolução científica foi a introdução da teoria da evolução de Charles Darwin no século XIX, que desafiou o paradigma predominante da época. Antes de Darwin, o paradigma vigente baseava-se na visão tradicional da criação divina e na crença de que as espécies eram fixas, criadas de maneira independente e imutáveis. No entanto, várias anomalias e inconsistências começaram a surgir e a abalar esse paradigma. Uma das observações iniciais que desafiaram a visão fixa das espécies foi a diversidade de formas de vida em diferentes regiões do mundo, que pareciam se adaptar a ambientes específicos. Além disso, a fossilização revelava espécies extintas que não se encaixavam perfeitamente nas formas de vida atuais. Essas observações sugeriam uma história complexa e dinâmica da vida na Terra.

Darwin propôs uma nova visão que abordou essas anomalias. Sua teoria da evolução postulou que as espécies se transformam ao longo do tempo por meio do processo de seleção natural. Nesse processo, indivíduos com características mais favoráveis para a sobrevivência e reprodução eram mais propensos a deixar descendentes, transmitindo essas características à próxima geração. Com o tempo, isso resultaria na adaptação das espécies a seus ambientes específicos.

A teoria da evolução de Darwin abordou as anomalias ao propor um mecanismo natural e contínuo para a diversidade e a adaptação das espécies ao longo do tempo. Ela também explicou as semelhanças entre as espécies por meio da ancestralidade comum, sugerindo

que todas as formas de vida compartilhavam um ancestral comum. Essa nova perspectiva revolucionou a biologia, transformando a forma como os cientistas viam a diversidade da vida. Além disso, influenciou a compreensão da história natural e da relação entre todas as formas de vida na Terra. A pesquisa subsequente concentrou-se na genética, na seleção natural e na ecologia, moldando o estudo da biologia moderna e promovendo o entendimento da evolução como um processo fundamental na história da vida.

A teoria quântica e a teoria da evolução das espécies são exemplos claros e indiscutíveis de revolução na ciência. Em cada um deles, a quebra de paradigma desencadeou revoluções científicas, abrindo caminho para novas abordagens de pesquisa e uma compreensão mais profunda da realidade. Isso demonstra como a ciência está em constante evolução e como desafiar paradigmas estabelecidos pode levar a avanços significativos em nossos conhecimentos e descobertas.

1.6 Educação Científica

Na visão de Kuhn, a educação científica vai muito além da simples transmissão de informações sobre teorias consolidadas e fatos científicos. Em vez disso, ela busca inspirar uma apreciação mais profunda da ciência como uma exploração em constante evolução do mundo ao nosso redor. Essa abordagem educacional se baseia em vários princípios fundamentais [DeBoer 2019].

Um desses princípios é a contextualização histórica, que destaca a importância de compreender a ciência dentro do seu contexto temporal. Nesse sentido, os alunos são incentivados a explorar não apenas os conceitos científicos atuais, mas também a evolução desses conceitos ao longo do tempo, reconhecendo a influência de diferentes paradigmas. Além disso, uma abordagem interdisciplinar é promovida, considerando que diferentes disciplinas científicas podem operar com diferentes paradigmas, resultando em linguagens e métodos distintos. Essa interdisciplinaridade é essencial para mostrar como diferentes campos científicos se relacionam e divergem.

Outro ponto-chave é a ênfase na natureza evolutiva da ciência. De acordo com Kuhn, a ciência progride por meio de revoluções científicas, onde paradigmas estabelecidos são desafiados e substituídos. Portanto, a educação científica inspirada por Kuhn busca instilar nos alunos a compreensão de que o conhecimento científico é dinâmico, sujeito a mudanças e evolução contínua.

No cerne dessa proposta educacional está o objetivo de cultivar não apenas receptores passivos de conhecimento científico, mas sim indivíduos capazes de se envolver ativamente no processo de construção e questionamento desse conhecimento. Ao seguir essa abordagem, os alunos podem desenvolver uma compreensão mais rica e reflexiva da ciência como uma atividade humana em constante evolução.

Outros pontos que devem ser levados em consideração, talvez sejam como um estu-

dante se defrontará com texto científicos. Deve ser claro para o estudante que os textos científicos apresentam os problemas mais fundamentais de um determinado paradigma. Muitas vezes, esses problemas são ensinados aos alunos porque o professor detém uma certa autoridade ou porque existe uma tradição de familiarização com os problemas icônicos do paradigma. No entanto, Kuhn argumenta que esses problemas têm uma natureza peculiar; eles são, na verdade, testes do paradigma e devem ser interpretados como tal. Ao abordar esses problemas de maneira dogmática, não se deixa espaço para interpretações alternativas, o que contradiz o propósito do ensino de ciências. Pelo contrário, a ciência deve apresentar esses exemplos como evidências do paradigma, reafirmando sua natureza probatória. Isso permite que os alunos desenvolvam uma leitura crítica da ciência, compreendendo-a não como um conjunto estático de respostas, mas como um processo dinâmico de questionamento e validação.

Os manuais científicos têm o poder de tornar as revoluções científicas praticamente invisíveis. Embora forneçam um relato do desenvolvimento histórico, fazem isso de maneira a segmentar e reinterpretar de modo a criar a impressão de que a ciência é um processo cumulativo. Dão a entender que os problemas e soluções anteriores foram moldados com base no paradigma atual. Essa abordagem tem suas vantagens, pois os manuais são altamente eficazes em treinar o leitor nas tradições científicas do período em questão. No entanto, ao enfatizar a continuidade e progressão linear, esses manuais podem mascarar as rupturas e transformações fundamentais que ocorrem durante as revoluções científicas. Essa visão cumulativa muitas vezes subestima a radicalidade das mudanças paradigmáticas, criando uma narrativa que destaca a estabilidade mais do que as reviravoltas revolucionárias na ciência.

Dando continuidade à visão de Kuhn, a integração de paradigmas no ensino transcende a mera apresentação de fatos isolados. Uma imersão nos fundamentos conceituais que orientaram as teorias científicas ao longo do tempo, proporcionando uma compreensão mais profunda do contexto histórico e social em que essas teorias foram desenvolvidas. Ao expor os alunos a diferentes perspectivas científicas ao longo da história, a educação científica assume um papel dinâmico, refletindo a mudança de paradigmas. Deve-se estimular uma apreciação mais refinada das transformações no pensamento científico, encorajando os estudantes a considerarem não apenas o que é conhecido, mas como esse conhecimento foi moldado por sucessivas mudanças de paradigmas. A contextualização e a historicidade tornam-se peças-chave. Ao mergulhar nos contextos e nas histórias que deram origem às teorias científicas, os alunos são desafiados a pensar criticamente sobre a evolução do conhecimento. Esta abordagem promove uma compreensão mais holística e enraizada da ciência.

Na formação de professores, a abordagem de Kuhn assume um papel crucial. Capacitar os educadores a não apenas transmitirem informações, mas também a incorporarem a natureza dinâmica do conhecimento científico em suas práticas pedagógicas contribui para

moldar uma nova geração de pensadores científicos críticos e contextualmente conscientes.

Certamente, a transição de paradigma proposta por Kuhn não se restringe apenas a uma mudança metodológica na prática científica; ela representa, de fato, uma transformação mais profunda na visão de mundo dos cientistas. Essa mudança paradigmática vai além da adoção de novas teorias ou métodos; ela implica em uma revisão fundamental das premissas, interpretações e pressupostos que guiam a compreensão do mundo. No contexto da educação científica baseada nas ideias de Kuhn, é crucial destacar como essa mudança de paradigma influencia a forma como os cientistas percebem e interagem com a realidade. Os alunos são incentivados a explorar não apenas as teorias científicas em si, mas também a filosofia subjacente a essas teorias, os pressupostos que as fundamentam e como esses elementos moldam a interpretação dos fenômenos naturais.

1.7 Exemplo Prático na Sala de Aula: Evolução dos modelos atômicos

Em uma aula de física fundamentada nas ideias de Thomas Kuhn, o estudo do modelo atômico se transforma em uma experiência educacional envolvente e reflexiva. O cerne da aula é incentivar os alunos a compreenderem as crises e anomalias que impulsionaram essas mudanças conceituais durante um revolução. A princípio, essa abordagem deve não apenas promover uma compreensão mais profunda do modelo atômico atual, mas também desenvolve uma apreciação pela evolução do pensamento científico. A abordagem inclui não apenas a explicação dos modelos em si, mas a introdução do contexto histórico em que cada modelo atômico foi proposto. Os alunos são guiados a conectar esses modelos com avanços científicos e eventos sociais, promovendo uma compreensão mais holística e enraizada da ciência.

De acordo com [Gandra e Silva 2018], Ao apresentar o modelo atômico atual, o professor não apenas destaca suas características, mas integra paradigmas anteriores, como os modelos de Thomson ou Bohr. Essa abordagem visa não apenas evidenciar as diferenças nas representações, mas contextualizar as razões históricas que levaram a mudanças de paradigmas ao longo do tempo.

Na era inicial da compreensão do átomo, Sir J.J. Thomson ousou propor um modelo esférico, uma tentativa audaciosa de decifrar os segredos do microcosmo [Thomson 1913]. No entanto, sua visão enfrentou contradições intratáveis quando experimentos, como o da dispersão de partículas alfa, sugeriram que a estrutura atômica não era tão simples quanto ele imaginava. Anomalias surgiram, desafiando a coesão da esfera thomsoniana, e a necessidade de uma revisão profunda tornou-se evidente. O paradigma estava em xeque, instigando a comunidade científica a buscar uma nova compreensão.

Bohr, em sua resposta engenhosa, introduziu órbitas quantizadas, buscando conferir

estabilidade ao átomo, [Bohr 1962]. Entretanto, a complexidade da dança dos elétrons em torno do núcleo revelou-se intrincada demais. A dualidade onda-partícula lançou uma sombra de incerteza sobre a simplicidade almejada, e o desafio de unificar as teorias emergiu como um dilema central. Bohr enfrentou não apenas questões teóricas, mas uma profunda necessidade de conciliar as evidências com uma visão coerente do átomo.

A chegada da mecânica quântica representou uma virada de página significativa. Cientistas, como Schrödinger e Heisenberg, romperam com a visão clássica, propondo um novo conjunto de leis para o mundo subatômico, [Sakurai e Commins 1995]. A dualidade onda-partícula foi finalmente compreendida, mas as mudanças paradigmáticas eram profundas. A resistência à aceitação dessas novas ideias ilustra a tenacidade inerente à ciência normal, com a comunidade científica enfrentando a desconfortável tarefa de redefinir suas convicções fundamentais.

A saga atômica, repleta de desafios e reviravoltas, ressoa na história como uma narrativa épica de como a ciência, em seus embates, avança em sua missão de desvendar os mistérios do universo. Cada desafio superado, cada revolução conceitual, representa não apenas a evolução na compreensão do átomo, mas também a capacidade única da ciência de se reinventar diante das complexidades que a natureza apresenta.

Para enfrentar os desafios de incorporar a perspectiva kuhniana, o professor aborda os desafios enfrentados pelos cientistas da época, destacando a resistência em abandonar modelos estabelecidos e os momentos de crise que eventualmente forçaram a aceitação de novos paradigmas. Atividades práticas são incorporadas, simulando a resolução de problemas enfrentados pelos cientistas em períodos de transição paradigmática. Além disso, a aula fomenta o pensamento crítico, desafiando os alunos a questionarem suas próprias concepções e refletirem sobre como a ciência está sempre sujeita a revisões. Incentiva a pesquisa independente para explorar áreas específicas de controvérsia ou desenvolvimento atual na compreensão dos átomos.

Capítulo 2

O conhecimento Objetivo

Exploraremos neste capítulo os argumentos fundamentais de Karl Popper, abrangendo duas de suas obras essenciais: “O Conhecimento Objetivo” e “A Lógica da Pesquisa Científica”. Existem alguns conceitos que são apresentados nas duas obras, apesar de cada uma delas dar um enfoque diferente.

“Conhecimento Objetivo” é uma obra de Karl Popper que complementa e expande suas ideias sobre a filosofia da ciência, explorando questões de epistemologia, ontologia e a natureza do conhecimento [Popper 2021]. Entre as principais ideias do livro está a crítica ao princípio da indução. Ela está relacionado à ideia de que a ciência avança por meio da acumulação de evidências. Ele argumenta que a indução, ou seja, a inferência de conclusões gerais a partir de observações específicas não é uma base sólida para o conhecimento científico. Popper propõe que a ciência avança por meio da dedução, com base na falsificação e na criação de conjecturas. Além disso, o enfoque do livro é na argumentação de que existe um terceiro mundo, à parte do mundo subjetivo e do mundo físico, no qual o conhecimento objetivo reside e é autônomo.

Também no decorrer deste capítulo, exploraremos os conceitos fundamentais da obra “A Lógica da Pesquisa Científica”, [Popper 2004]. Esta obra é um marco na filosofia da ciência, fornecendo uma abordagem inovadora sobre a metodologia científica e a natureza do conhecimento. Popper propõe uma visão singular sobre a demarcação entre ciência e pseudociência, introduzindo o conceito de falseabilidade como critério distintivo da cientificidade. Analisaremos a importância da previsão e do teste empírico na validação de teorias, bem como a crítica popperiana ao verificacionismo, destacando como esses elementos influenciam a prática científica. Além disso, abordaremos como Popper concebe o progresso científico por meio da eliminação de teorias falsas, promovendo uma visão dinâmica e evolutiva da ciência.

É importante destacar que as breves explicações apresentadas aqui oferecem apenas uma visão superficial das ideias complexas discutidas nas obras de Karl Popper. Para uma compreensão mais profunda e abrangente, é recomendável a leitura direta das obras originais desse filósofo da ciência. Ao explorar os escritos completos, será possível absorver

nuances, exemplos detalhados e o contexto integral que moldou suas teorias. Portanto, considerando esta visão introdutória como um estímulo inicial, encorajo os interessados a se aprofundarem na leitura das obras originais para uma compreensão mais completa e rica dessas contribuições fundamentais para a filosofia da ciência.

2.1 O problema da indução

O primeiro grande passo dado por Popper foi resolver, ou melhor, reformular o Problema da Indução, formulado por David Hume. Hume afirma que: “Não estamos justificados em raciocinar a partir de instâncias [repetidas] das quais temos experiência até a outras instâncias [conclusões] das quais não temos experiência.” Em outras palavras, não é porque o sol nasceu todos os dias até agora que podemos afirmar que ele nascerá no dia seguinte. O Problema da Indução de Hume questiona a validade do raciocínio indutivo como um meio de adquirir conhecimento confiável. Hume não negou a utilidade do raciocínio indutivo na prática cotidiana, mas argumentou que não podemos justificar filosoficamente a sua validade. Logo, uma ciência baseada no princípio da indução, não teria uma base lógica sólida.

A resolução de Popper consiste em uma reformulação na maneira de enunciar o problema, o que permite um discurso objetivo e lógico. Ele faz a seguinte substituição:

Instâncias das quais temos experiência	→	Enunciados de teste
Instâncias das quais não temos experiência	→	Teorias universais explicativas

sendo que os enunciados de teste são afirmativas singulares que descrevem eventos observáveis e também são chamados de enunciados de observação ou enunciados básicos.

A reformulação do problema da indução, usando esses novos termos, é: “Não é possível justificar a alegação de que uma teoria universal explicativa é verdadeira assumindo a verdade de certos enunciados de teste ou enunciados de observação”. Nesse formato, ainda se afirma que é impossível obter a verdade a partir de experiências prévias. No entanto, a maneira como é feita a reformulação permite que a negação dela seja verdadeira, ou seja, enunciado na forma negativa: “É possível justificar a alegação de que uma teoria universal explicativa é falsa assumindo a verdade de certos enunciados de teste ou enunciados de observação”. Sendo assim, não podemos afirmar a veracidade de uma teoria universal a partir de observações, mas podemos afirmar a falsidade de uma teoria a partir de observações. Essa é a essência da Falsificabilidade.

A busca pela verdade, conforme discutida por Popper, é também abordada sob o conceito de “verossimilhança”. Essa noção pode ser interpretada como uma espécie de aparência de verdade. Dividindo-se em duas ideias centrais, temos a noção da verdade de um enunciado e a noção do conteúdo lógico desse enunciado. O conteúdo lógico abrange

todos os enunciados verdadeiros logicamente implicados por um determinado enunciado, ou seja, suas consequências. Vale ressaltar que esse conjunto de enunciados está restrito àqueles que não se limitam a ser meras tautologias. Tem-se analogamente o conteúdo de falsidade.

Uma teoria, em sua essência, consiste em um enunciado que se propõe como verdadeiro. Nesse contexto, a verossimilhança emerge como uma medida para avaliar teorias, possibilitando comparações entre elas. Por exemplo, afirma-se que uma teoria T_1 se aproxima mais da verdade do que uma teoria T_2 se seu conteúdo de verdade for superior; isto é, se mais enunciados verdadeiros decorrem de T_1 em comparação com aqueles derivados de T_2 . Quando duas teorias possuem igual conteúdo de verdade, a que mais se aproxima da verdade é aquela com menor conteúdo de falsidade. Essa abordagem proporciona uma métrica objetiva para avaliar a proximidade de uma teoria à verdade, considerando tanto seus aspectos positivos quanto negativos.

Apenas teorias concorrentes podem ser comparadas. Um exemplo, fornecido por Popper em sua obra, é a comparação entre a mecânica newtoniana e a einsteiniana. A comparação é realizada da seguinte maneira: para cada questão à qual a mecânica clássica newtoniana oferece uma resposta, a teoria einsteiniana apresenta uma resposta que é pelo menos tão precisa quanto a primeira. No entanto, além disso, a teoria de Einstein é capaz de fornecer respostas a questões para as quais a teoria de Newton não oferece solução. Portanto, a avaliação delas é claramente diferenciada, e uma delas se aproxima mais da verdade do que a outra.

Ao examinarmos o exemplo citado, percebemos que a mecânica clássica de Newton e a teoria relativística de Einstein não são simplesmente avaliadas com base em sua precisão em responder às mesmas questões, mas também na capacidade da última em abordar questões anteriormente inexploradas pela primeira. Esse critério mais abrangente de avaliação destaca a contribuição integral de cada teoria para a compreensão da realidade, indo além da mera comparação de precisão em respostas compartilhadas.

2.2 Falseabilidade

Uma fato que decorre diretamente do conceito de verossimilhança é que é possível uma distinção entre teorias explicativas universais que competem como solução de algum problema. A teoria que não foi refutada até o momento será aquela que mais se aproxima da verdade. A busca pela verdade pode ser reinterpretada como sendo uma busca por falsear as teorias de modo a se aproximar da verdade, visto que, a verdade em si não poderia ser alcançada, mas sim a falsidade. A investigação científica não é confirmar a verdade das teorias, mas testar sua falsidade. A teoria mais aceita será aquela que mais improvavelmente pode vir a ser refutada. Qualquer nova teoria deve explicar o que sua predecessora explicou, mas também deve explicar os pontos em que sua predecessora

falhou. Um teórico estará interessado em teorias não refutadas.

Ao estabelecer a falseabilidade como critério central, Popper supera o problema de afirmações que são consistentes com qualquer conjunto de fatos, mas que, por sua natureza, não podem ser empiricamente testadas. Por exemplo, teorias que postulam eventos ou entidades que estão além da possibilidade de observação ou verificação prática não seriam consideradas científicas de acordo com o critério. Ele utiliza o exemplo da previsão do tempo para ilustrar a importância da falseabilidade. Enunciados como “Vai ou não chover amanhã” carecem de validade científica, pois não estão sujeitos à falsificação, visto que o enunciado abarca todas as possibilidades. Em contraste, a formulação específica de “Vai chover amanhã” permite a falsificação pela experiência, demonstrando como a capacidade de refutação empírica é crucial na demarcação entre afirmações científicas e não científicas. A ciência só é feita de enunciados que podem ser postos a teste.

O progresso científico, na metodologia proposta por Popper, é iterativo, pois enfatiza que uma teoria científica deve ser formulada de maneira a permitir testes específicos que, se falharem, podem refutar a teoria. Essa ênfase na testabilidade e na possibilidade de refutação torna a ciência mais robusta e orientada para a validação empírica. Em vez de buscar confirmação, os cientistas são incentivados a procurar evidências que possam refutar suas próprias hipóteses, promovendo uma atitude crítica e autocorretiva.

O processo iterativo começa com a formulação de hipóteses e teorias para explicar fenômenos observados. No entanto, ao contrário de abordagens que consideram a validação como o objetivo final, a metodologia popperiana coloca ênfase na experimentação e observação críticas. Os cientistas projetam experimentos para testar as previsões de suas teorias, e os resultados desses experimentos podem levar à aceitação, revisão ou rejeição da teoria em questão.

A refutação de uma teoria não é vista como um fracasso, mas como uma oportunidade para aprendizado e aprimoramento. Cientistas são incentivados a revisar e reformular suas teorias à luz das evidências, promovendo assim a eliminação de ideias inadequadas e a evolução constante do conhecimento científico. Esse processo não ocorre de maneira isolada; ele alimenta o desenvolvimento de teorias alternativas que buscam explicar os fenômenos de maneira mais precisa.

O progresso científico, portanto, não é um caminho linear, mas sim um ciclo contínuo de teste, refutação e revisão. À medida que as teorias resistem a múltiplos testes e verificações, elas se tornam parte do corpo estabelecido de conhecimento científico. Esse conhecimento serve como base para novas descobertas e teorias, impulsionando um processo dinâmico e iterativo que é fundamental para a construção de uma compreensão sólida e confiável da natureza.

Enquanto a metodologia científica proposta por Popper busca uma abordagem crítica e sistemática para o conhecimento, o senso comum muitas vezes representa um conjunto de crenças informais e práticas baseadas na experiência cotidiana. Ambos têm seu lugar, mas

é crucial reconhecer as diferenças em seus métodos e objetivos. O senso comum muitas vezes se baseia em inferências rápidas, observações casuais e tradições culturais, enquanto a metodologia científica preconizada busca uma abordagem mais rigorosa e crítica para entender o mundo. Uma das críticas que Popper fez ao senso comum é sua tendência a basear-se na indução, ou seja, extrair generalizações a partir de observações específicas sem um controle experimental rigoroso.

2.3 Corroboração

Outra noção importante no pensamento de Popper, é o de corroboração. É uma medida qualitativa do sucesso que uma teoria alcançou ao passar em testes; ou seja, as previsões feitas a partir dela são confirmadas pela experiência ou experimento, pelo menos conforme pode ser determinado nas condições e precisão dos testes, experimentadores e observadores. Não possui caráter acumulativo ou indutivo; o sucesso repetido não tem nenhuma influência sobre o resultado do próximo teste, nem compromete a falseabilidade. Para aprofundar nossa compreensão sobre o conceito de corroboração e como ela pode ser mensurada, é fundamental introduzir outro conceito: o de enunciados básicos (ou enunciados de teste).

Enunciados básicos, na perspectiva de Karl Popper, são afirmações observacionais específicas que afirmam a ocorrência de um evento observável em um certa região do espaço e do tempo. Podem ser vistos como sendo os descritores de uma ocorrência. Além disso, eles são cruciais para a testabilidade empírica das teorias científicas, pois servem como pontos de referência concretos para avaliar a validade das previsões teóricas.

Uma teoria só é considerada empírica ou falseável quando divide a classe de todos os possíveis enunciados básicos em dois conjuntos.

- Enunciados básicos com os quais é incompatível;
- Enunciados básicos que ela não contradiz.

Os enunciados básicos também aceitos constituem o fundamento da corroboração de hipóteses. Além disso, os enunciados básicos aceitos que contradizem uma teoria só são propícios para o apoio ao falseamento dessa teoria se eles corroborarem uma hipótese falseadora específica. Ou seja, esses enunciados básicos devem estar alinhados com uma proposição que, se confirmada, contradiria diretamente a teoria em questão, permitindo assim o processo de falsificação. Por sua vez, uma hipótese falseadora é uma proposição que, se confirmada empiricamente, contradiria uma teoria específica. Ao contrário de uma hipótese verificadora, que procura confirmar uma teoria, uma hipótese falseadora visa desafiar ou falsificar a teoria em questão.

Como já foi dito, as teorias não podem ser verificadas, no entanto elas têm a capacidade de ser corroboradas. Uma teoria obtém um grau positivo de corroboração ao

mostrar compatibilidade com os enunciados básicos durante rigorosos testes, além de ser capaz de deduzir, junto com outros enunciados básicos, um conjunto não vazio de novos enunciados básicos. Quanto maior o número de testes realizados para verificar a teoria, maior a possibilidade de corroborá-la. Ao considerar o grau de universalidade como a capacidade de aplicar uma teoria a uma ampla variedade de casos, conclui-se que uma teoria mais universal pode ter um grau de corroboração mais elevado do que uma teoria menos universal, visto que abrange um maior número de enunciados básicos. Também é possível associar o grau de corroboração à probabilidade de uma hipótese, ou seja, quanto maior for a corroboração, maior será a chance de uma hipótese prever o resultado de um determinado teste.

No entanto, é crucial compreender que a ciência nunca atinge um conhecimento absoluto e demonstrável. Todo enunciado científico é provisório e sujeito a correções; sua validade é corroborada, não confirmada definitivamente. A ciência não se dirige inexoravelmente à verdade; em vez disso, ela se desenvolve ao expandir seus enunciados e a amplitude de sua universalidade.

Popper enfatiza que a busca pela simplicidade não deve comprometer o grau de falsificabilidade de uma teoria. Simplificar uma teoria não significa ignorar a complexidade do fenômeno estudado, mas sim eliminar suposições desnecessárias. Ao postular menos entidades e pressupostos, uma teoria torna-se mais econômica e, ao mesmo tempo, mais passível de testes rigorosos. A preferência por teorias mais simples não é uma mera questão estética; ela está enraizada na ideia de que teorias simples são mais elegantes e, portanto, mais elegíveis para serem testadas de maneira clara e inequívoca. A simplicidade, nesse contexto, não apenas facilita a compreensão, mas também aumenta a probabilidade de sucesso nos testes empíricos. No entanto, é importante ressaltar que a simplicidade não deve ser buscada a qualquer custo, especialmente se isso resultar em uma redução excessiva da capacidade de uma teoria de enfrentar desafios e testes significativos. O equilíbrio entre simplicidade e capacidade de falsificação é crucial para garantir que uma teoria seja tanto elegante quanto robusta em sua capacidade de enfrentar a complexidade do mundo natural.

2.4 Três Mundos

Na obra "Conhecimento Objetivo: Uma Abordagem Evolutiva", Karl Popper introduziu o conceito de "Três Mundos", delineando diferentes esferas da realidade e suas inter-relações. O primeiro mundo abrange objetos físicos e eventos materiais, o segundo explora estados mentais e subjetividade, enquanto o terceiro é o repositório de produtos do conhecimento humano. Estas categorias não só descrevem a complexidade da experiência humana, mas também oferecem uma perspectiva única sobre o método científico. No primeiro mundo, temos os objetos físicos e os estados físicos, representando a realidade

tangível e mensurável. O segundo mundo refere-se aos estados de consciência ou estados de espírito, explorando a experiência subjetiva e emocional. Já o terceiro mundo engloba os conteúdos objetivos do pensamento, abarcando o pensamento científico, poético e as obras de arte, destacando a produção intelectual e criativa.

O primeiro mundo é a esfera objetiva e independente da percepção humana, ele é fundamental para a abordagem científica, que busca compreender os fenômenos naturais de maneira imparcial e verificável. Neste mundo, a causalidade desempenha um papel crucial, delineando relações de causa e efeito entre eventos físicos. A observação e a medição são métodos fundamentais de interação com o primeiro mundo, permitindo aos cientistas coletar dados que formam a base para a formulação de teorias e leis científicas. Esse é o mundo no qual a ciência tenta obter alguma verdade, no entanto, como será explicado mais à frente, a ciência é criada a partir de situações do primeiro mundo e não necessariamente é a verdade sobre ele.

O segundo mundo, conforme delineado por Karl Popper, constitui o reino dos estados mentais, das experiências subjetivas e dos fenômenos psicológicos. Nessa esfera, uma vasta gama de estados mentais, como pensamentos, emoções e percepções, coexiste, formando a base da experiência subjetiva. Ao contrário do primeiro mundo, que é caracterizado por sua objetividade independente da percepção, o segundo mundo é profundamente subjetivo, onde a interpretação individual e as experiências pessoais moldam a compreensão do mundo. Esta esfera está intimamente associada à consciência e à intencionalidade. A consciência desempenha um papel central na percepção e interpretação do mundo ao nosso redor, enquanto a intencionalidade refere-se à capacidade da mente de se dirigir a algo, ter objetivos e propósitos. O segundo mundo também abriga formas de conhecimento prático e senso comum, raízes fundamentais no início do processo científico. Essas formas de conhecimento baseiam-se em experiências pessoais e na interpretação subjetiva dos eventos cotidianos. A linguagem, como veículo de comunicação e expressão de pensamentos, pertence ao segundo mundo, sendo a atribuição de significado às palavras e a capacidade de compartilhar processos fundamentais que ocorrem nessa esfera mental. Sua interação com o primeiro mundo, compreendendo a realidade objetiva, destaca a complexidade da experiência humana e a influência significativa da subjetividade na forma como compreendemos e interagimos com o mundo ao nosso redor.

O terceiro mundo, conforme proposto por Karl Popper, é o domínio dos produtos do conhecimento humano, destacando-se como um repositório abstrato que abriga teorias científicas, obras literárias, obras de arte e símbolos culturais. Diferentemente dos mundos físico e mental, essas construções abstratas não possuem existência física ou psicológica direta, mas desempenham um papel crucial na cultura, na sociedade e na evolução do conhecimento. No terceiro mundo, a objetividade do conhecimento é um princípio fundamental. Aqui, teorias científicas são avaliadas por critérios como testabilidade, refutabilidade e capacidade preditiva. Este é o palco do progresso científico, onde novas

teorias substituem ou modificam antigas, refletindo a natureza cumulativa do conhecimento humano. O critério de falsificabilidade, proposto por Popper, ganha destaque, ao enfatizar a capacidade das teorias de serem testadas e, potencialmente, refutadas.

A comensurabilidade e incomensurabilidade entre teorias científicas são temas relevantes no terceiro mundo. Enquanto teorias podem ser comparadas em sua capacidade de explicar fenômenos observáveis, mudanças fundamentais nas teorias podem tornar a comparação direta difícil. Esse desafio, no entanto, não impede a pluralidade de perspectivas. O terceiro mundo abraça a coexistência de diferentes teorias, permitindo que elas sejam avaliadas e ajustadas ao longo do tempo. Além das contribuições científicas, o terceiro mundo inclui produtos culturais que moldam a identidade de sociedades e comunidades. Obras de arte, símbolos culturais e expressões simbólicas desempenham um papel importante na evolução cultural, transmitindo valores e significados ao longo do tempo. A dinâmica do terceiro mundo também reflete a evolução contínua das construções intelectuais. Sua capacidade de abraçar a pluralidade de perspectivas e a coexistência de teorias diversas contribui para uma compreensão mais rica e aprofundada do conhecimento humano. Em suma, o terceiro mundo é o espaço onde as criações abstratas enriquecem a experiência humana, impulsionando a busca incessante pela compreensão objetiva e pelo progresso intelectual.

2.5 Uma abordagem evolutiva

Popper apresenta um argumento intrigante para a existência do terceiro mundo através de dois cenários extremos. No primeiro caso, ele propõe a suposição de que todos os dispositivos científicos e aprendizados subjetivos são destruídos, exceto as bibliotecas e a capacidade de aprender com elas. No segundo caso, imagina a destruição completa, incluindo as bibliotecas. Esses cenários ressaltam a interação vital entre o terceiro mundo e os outros dois, visto que, no segundo caso, sem a preservação do conhecimento objetivo nas bibliotecas, a sociedade teria dificuldade em recuperar sua capacidade inicial por um longo período.

Uma consequência direta disso é que o conhecimento contido no terceiro mundo subsiste independentemente do sujeito conhecedor. Ele permanece inalterado pelas crenças ou interpretações individuais, mesmo quando alguém interage com esse conhecimento. Em outras palavras, mesmo que um leitor tenha uma interpretação subjetiva ao entrar em contato com as ideias contidas em um livro, isso não afeta a existência objetiva dos argumentos e teorias apresentados no livro.

Há uma analogia entre as estruturas biológicas e o terceiro mundo. Assim como um ninho de vespa existe independentemente de a vespa usá-lo, um livro existe independentemente de um leitor. A existência do conhecimento objetivo depende da disponibilidade para ser lido, não da certeza de que alguém o lerá um dia. Além disso, a linguagem é

um subproduto de situações objetivas. Da mesma forma que a vespa cria um ninho para resolver um problema objetivo, o ser humano utiliza a linguagem para abordar questões objetivas. Surgem fatos a partir de nossas criações, muitos dos quais escapam ao nosso controle. Contudo, há um mecanismo de retroalimentação em ação. Nossas criações geram novos problemas, e esses desafios subsequentes levam a novas criações. Nas palavras de Popper, a autonomia do terceiro mundo reside na sua retroalimentação tanto com o segundo mundo quanto com o primeiro mundo.

Assim como uma trilha na selva é uma estrutura criada como consequência não intencional da necessidade, a linguagem humana é uma estrutura que surge como resultado das demandas reais e problemas enfrentados pelos seres humanos. Ambas refletem a adaptação e resposta a desafios específicos, evidenciando como as estruturas surgem organicamente em resposta às circunstâncias. Essa analogia destaca a natureza funcional e adaptativa da linguagem, que se desenvolve como uma ferramenta essencial para resolver problemas e comunicar informações no contexto humano. O terceiro mundo é um subproduto da linguagem humana, sendo assim, terceiro mundo é um produto natural do animal humano. A linguagem possui diversas funções, mas as mais importantes são as funções descritivas e argumentativas, pois elas possibilitam eliminação de erros a partir de uma crítica racional. Logo, o mundo autônomo da função superior da linguagem emerge como o mundo da ciência.

A dinâmica ou esquema de crescimento do terceiro mundo segue uma ordem clara. Inicialmente, surge um problema que leva à criação de uma teoria provisória. A partir dessa teoria, os esforços concentram-se na eliminação de erros, desencadeando a emergência de novos problemas inerentes ao processo. Essa sequência é viabilizada pela capacidade crítica presente na linguagem. Consequentemente, o mundo autônomo da função superior da linguagem se revela como o mundo da ciência, onde a resolução de problemas, a formulação teórica e a constante revisão impulsionam o crescimento do conhecimento científico.

A existência de uma analogia entre a ciência e as estruturas criadas pelos animais tem consequências significativas para o campo da epistemologia. Essa comparação proporciona uma nova perspectiva para compreender o conhecimento. Ao associar o conhecimento científico como um produto da linguagem resultante de uma situação-problema, a finalidade da ciência torna-se evidente ao considerar essas situações-problema. No âmbito epistemológico, o estudo de problemas científicos, discussões científicas, argumentos e, portanto, de revistas e livros científicos é crucial. Analisar as situações-problema e os produtos que delas surgem, todos contidos no terceiro mundo, revela mais do que tentar entender o caminho pelo qual um cientista chegou a determinado resultado. O caminho em si é subjetivo, pois as estruturas são o resultado do comportamento humano. Essa abordagem destaca a importância de examinar o conteúdo e a interação dos elementos presentes no terceiro mundo para uma compreensão mais profunda do conhecimento científico.

O terceiro mundo interage tanto com o primeiro quanto com o segundo mundo, estabelecendo uma dinâmica complexa entre essas esferas. A interação com o primeiro mundo ocorre quando o terceiro mundo é capaz de influenciar a realidade física por meio da implementação de ideias e teorias. Um exemplo seria a aplicação prática de uma teoria científica na criação de tecnologias ou na resolução de problemas práticos. Assim, as criações do terceiro mundo têm o potencial de impactar e moldar o ambiente físico. A relação com o segundo mundo acontece quando o terceiro mundo influencia estados de consciência. Por exemplo, a leitura de uma obra de filosofia ou a compreensão de uma teoria científica podem afetar as percepções e interpretações individuais. As ideias presentes no terceiro mundo podem moldar a forma como as pessoas pensam e entendem o mundo ao seu redor, impactando o segundo mundo da consciência. Essa interação entre os mundos destaca a influência bidirecional. Enquanto o terceiro mundo é moldado pelas contribuições do primeiro e segundo mundos, suas criações também têm o poder de influenciar e transformar tanto o mundo físico quanto os estados de consciência. Essa dinâmica rica e interconectada representa a visão de Popper sobre a complexidade das relações entre essas esferas distintas.

A existência do terceiro mundo pode evocar reminiscências das ideias de mundo das ideias de Platão ou do espírito objetivo de Hegel [Platão 2011, Hegel 1992]. No entanto, enquanto esses primeiros consistem em algo metafísico e aparentemente desconectado do mundo, o terceiro mundo de Popper possui uma razão de existência mais forte devido à sua semelhança com algo que já existe, ou seja, as estruturas biológicas. Essas diferenças vão além da mera existência. De acordo com Popper, Platão foi o precursor do terceiro mundo, no entanto, ele tinha uma visão diferente da de Popper. Enquanto o mundo das ideias de Platão era imutável e continha, de certo modo, a verdade, contendo a essência das coisas, o mundo de Popper é constituído por argumentos que são mutáveis, pois são feitos pelo homem.

Hegel, por sua vez, coloca o espírito objetivo como pertencente à consciência divina, sendo assim, ele tem um caráter subjetivo. Além disso, esse espírito muda e evolui. A diferença central é que o homem é um instrumento do espírito. O mecanismo pelo qual o espírito se desenvolve é a dialética, que difere do esquema de crescimento do terceiro mundo. O espírito, por sua vez, assemelha-se à consciência humana. Por sua vez, o terceiro mundo interage com a consciência dos indivíduos que o produzem, mas não tem nenhuma semelhança com a consciência.

Capítulo 3

Proposta para o ensino

Na minha própria experiência como aluno, ao longo dos anos do ensino fundamental e médio, fui exposto à ideia de que a ciência era algo rígido e a linguagem da verdade por excelência. Tinha quase que uma visão neoplatônica, acreditando que a verdade existia de forma absoluta e se manifestava na matemática. Assim, quanto mais a ciência se aproximasse da linguagem matemática, mais próxima estaria da verdade absoluta. No entanto, como discutido nos capítulos anteriores, essa visão é equivocada. Quando estamos imersos em um paradigma, temos a impressão de que ele é absoluto.

O sistema educacional muitas vezes se mostra rígido e relutante em mudar a estrutura das aulas tradicionais, especialmente diante da demanda por uma abordagem mais tecnicista da pedagogia [Cara et al. 2019]. No entanto, é essencial reconhecer que as aulas de ciências têm como objetivo principal apresentar não apenas técnicas, mas também a essência da ciência em si. Ao focar apenas nas habilidades técnicas, os alunos podem adquirir conhecimento superficial. No entanto, para desenvolver uma compreensão crítica do mundo ao nosso redor, é fundamental apresentar a ciência em sua totalidade, conforme delineado pelos grandes pensadores da epistemologia científica, e contrastá-la com o senso comum.

Uma abordagem que integra a filosofia da ciência nas aulas de ciências pode ser uma maneira eficaz de alcançar esse objetivo. Isso envolve a exploração de questões fundamentais, como a natureza da verdade científica, o papel da experimentação e da teoria na construção do conhecimento científico, e as mudanças de paradigma ao longo da história da ciência. Promover discussões em sala de aula que incentivem os alunos a refletir criticamente sobre esses temas é fundamental. Além disso, a análise de estudos de caso e exemplos práticos pode ilustrar os princípios da filosofia da ciência na prática científica. Ao examinar exemplos históricos de descobertas científicas e revoluções científicas, os alunos podem compreender melhor como as teorias são desenvolvidas, testadas e modificadas ao longo do tempo. Desenvolver habilidades de pensamento crítico também é essencial. Os alunos devem ser encorajados a avaliar evidências, identificar preconceitos e reconhecer as limitações do conhecimento científico. Isso pode ser alcançado por meio

de atividades que promovam a formulação de perguntas e a busca por respostas por meio da investigação e do debate. Por fim, é importante destacar as conexões entre a filosofia da ciência e outras disciplinas, como história, ética e sociologia. Essa abordagem mais holística proporciona aos alunos uma compreensão mais profunda do contexto cultural e social da prática científica.

3.1 Pontos guias

O que proponho neste trabalho é um guia prático para implementar mudanças sutis na abordagem do ensino de ciências, sem perder a essência da aula. Não se trata de uma transformação radical do ensino, nem de uma abordagem que se concentre principalmente no aspecto cultural. Ao contrário, é um direcionamento que visa introduzir ajustes graduais que podem enriquecer significativamente a experiência educacional dos alunos e promover uma compreensão mais profunda da ciência. Os pontos guias são:

- Reconhecimento dos Paradigmas Científicos;
- Foco na Falsificabilidade;
- Contextualização Histórica focando nos problemas;
- Incentivo à Diversidade de Perspectivas.

O primeiro ponto é o reconhecimento dos paradigmas científicos. Ele é essencial para compreendermos a evolução e a natureza da ciência. Paradigmas são conjuntos de conceitos, teorias, práticas e valores que orientam a pesquisa e a prática científica em uma determinada época. Para os alunos, entender o que são paradigmas científicos pode abrir portas para uma compreensão mais profunda da ciência e de como ela funciona. Ao explorar exemplos históricos de paradigmas científicos, como o geocentrismo aristotélico-ptolomaico e o heliocentrismo de Copérnico, os alunos podem perceber como os paradigmas moldaram a visão de mundo em diferentes períodos da história. A dinâmica dos paradigmas científicos revela como eles são estabelecidos, mantidos e, eventualmente, substituídos ao longo do tempo.

O conceito de “ciência normal” e “anomalias”, proposto por Thomas Kuhn, ilustra como a ciência opera dentro dos limites de um paradigma estabelecido, enquanto as anomalias representam observações ou fenômenos que desafiam as expectativas do paradigma. As revoluções científicas, como a Revolução Copernicana, exemplificam como os paradigmas são substituídos por novos, gerando mudanças fundamentais na compreensão científica.

Desafios e oportunidades surgem ao considerar os paradigmas científicos, incluindo questões sobre mudança de paradigma, resistência à mudança e implicações sociais e

culturais das mudanças científicas. Atividades práticas, como análise de estudos de caso históricos e debates sobre questões controversas na ciência atual, podem envolver os alunos de forma ativa no processo de reconhecimento dos paradigmas científicos.

Se o tempo disponível para a exposição desses conceitos é limitado, é viável realizar uma introdução histórica breve antes de adentrar ao tópico central de cada aula. Ao apresentar uma variedade de exemplos no início de cada aula, ao longo do tempo a evolução do pensamento científico pode se tornar mais clara para os alunos. Dessa forma, é recomendável, sempre que possível, contextualizar um novo tópico ou conceito com uma revisão histórica, destacando o paradigma anterior e o novo paradigma, além de discutir as anomalias que motivaram a mudança de paradigma. Essa abordagem histórica não apenas fornece uma visão mais ampla da evolução da ciência, mas também ajuda os alunos a compreenderem o contexto e as razões por trás das mudanças na compreensão científica ao longo do tempo. Em suma, o reconhecimento dos paradigmas científicos oferece aos alunos uma compreensão mais sofisticada da ciência e de seu desenvolvimento ao longo do tempo. Ao explorar esse conceito em sala de aula, os alunos são incentivados a refletir criticamente sobre a natureza e a prática da ciência, preparando-os para uma compreensão mais ampla e informada do mundo científico.

No contexto da falseabilidade, sugiro que o professor, antes de introduzir um tópico, promova uma breve discussão com os alunos, questionando suas opiniões e conhecimentos prévios sobre o assunto em questão. Se os alunos compartilharem suas ideias, o professor pode continuar a conversa, incentivando-os a pensar em como testar suas próprias ideias. É importante ressaltar que esses testes devem ser formulados de maneira que permitam a possibilidade de refutação, excluindo assim afirmações muito abstratas, como por exemplo, "porque Deus quis". Essa abordagem oferece aos alunos uma visão mais ampla de como a ciência opera, destacando como as afirmações científicas são formuladas e testadas. Isso proporciona aos alunos um entendimento mais profundo do método científico e de como a investigação científica se desenrola.

A contextualização histórica, com foco nos problemas, busca entender o propósito da ciência. De acordo com Popper, ela é conduzida para resolver problemas específicos. Por exemplo, a termodinâmica se tornou uma área rica de estudo com o surgimento da máquina a vapor. Essa perspectiva histórica ilustra como a ciência frequentemente surge em resposta a desafios práticos e tecnológicos, impulsionando avanços significativos em diversos campos do conhecimento.

Por último, temos o estímulo à diversidade de perspectivas. Isso envolve incentivar os alunos a explorarem diferentes pontos de vista sobre um determinado tema científico. Ao invés de apenas apresentar uma única abordagem, o professor pode encorajar os estudantes a considerarem múltiplas visões e interpretar os conceitos científicos de maneiras variadas. Isso não apenas promove um ambiente de aprendizado mais dinâmico, mas também prepara os alunos para enfrentarem os desafios da ciência com mente aberta e

criatividade.

Esse passo deveria, em algum sentido, lembrar o período de crise do paradigma. O período de crise na ciência corresponde a um estágio em que os fundamentos e pressupostos subjacentes a uma teoria científica estabelecida são questionados. Durante essa fase, anomalias e contradições começam a surgir, desafiando a validade e a eficácia do paradigma dominante. Esse período de crise pode levar a uma reavaliação profunda das teorias existentes e até mesmo à emergência de novos paradigmas que melhor explicam os fenômenos observados. É um momento de intensa reflexão e revisão das concepções científicas, muitas vezes resultando em avanços significativos no campo do conhecimento.

Conclusão

Em suma, tanto Kuhn quanto Popper desafiam a visão simplista de que a ciência busca a verdade absoluta. Eles reconhecem a natureza dinâmica e contingente da atividade científica, enfatizando que o conhecimento científico é provisório e sujeito a revisão à luz de novas evidências e interpretações. Essa compreensão mais sofisticada da ciência tem implicações significativas para a prática científica e para nossa compreensão mais ampla do mundo natural.

O ponto central, que talvez possa ser extraído dos textos, é que a ciência é um empreendimento humano, mas não detém em si a verdade absoluta. O que ela possui é uma aproximação da verdade. A estrutura desse empreendimento parece assemelhar-se à seleção natural, onde sobrevive a teoria que melhor se sustenta quando confrontada com outras. Essa noção é evidente nas obras dos dois pensadores analisados.

Thomas Kuhn apresenta um mecanismo pelo qual a ciência evolui, caracterizado por uma sequência de períodos que oscilam entre a ciência normal e revoluções. Essa dinâmica da ciência a torna auto-reguladora. No processo, o progresso científico inicialmente se concentra em um objetivo, adotando uma postura quase dogmática. Essa rigidez torna a ciência sensível a anomalias. Por sua vez, a análise dessas anomalias são origem a divergências entre cientistas e semeia as sementes das revoluções. A revolução, por sua vez, altera a perspectiva e o foco da ciência, tornando-a cada vez mais heterodoxa. A percepção é de que as ideias na comunidade científica, em um primeiro momento, convergem. No entanto, chega um ponto em que as ideias começam a divergir e, após uma revolução, uma se sobrepõe às outras, o que restabelece a convergência. Uma ciência bem estabelecida caracteriza-se por ter passado por diversas revoluções científicas.

O contexto social e os debates entre diferentes escolas durante um período de revolução científica são elementos essenciais para enriquecer o ensino da história da ciência. Esses debates refletem não apenas os avanços teóricos e experimentais, mas também as tensões sociais, políticas e culturais da época. Ao explorar esses aspectos, os alunos podem desenvolver uma compreensão mais profunda da ciência como uma atividade humana situada em um contexto mais amplo. Além disso, ao examinar as interações entre cientistas, filósofos, instituições acadêmicas e governamentais, os alunos podem apreciar os fatores sociais e culturais que moldam a prática científica e influenciam a aceitação e a rejeição de teorias. Isso também pode levar a discussões sobre a ética na ciência, o papel

das comunidades científicas e a relação entre ciência e sociedade. Portanto, integrar o contexto social e os debates científicos nas aulas de história da ciência pode fornecer uma perspectiva mais abrangente e envolvente, ajudando os alunos a compreender não apenas os aspectos técnicos da ciência, mas também seu papel e impacto na sociedade.

Karl Popper tem uma perspectiva lógica sobre o progresso científico. Ele argumenta que não é possível afirmar a verdade sobre um enunciado, mas sim a falsidade. Nesse sentido, a busca ou progresso científico não visa encontrar a verdade absoluta, pois isso é algo inalcançável. O que se pode fazer, pelo menos logicamente, é determinar se um enunciado é falso; portanto, o empreendimento científico baseia-se em tentar falsear teorias. Popper estabelece que todos os enunciados científicos possuem um valor intrínseco que os assemelha à verdade. Ele traça uma linha clara entre o senso comum e o conhecimento científico, pois o senso comum não é corroborado, enquanto o científico é. A teoria que mais se assemelha à verdade será aquela que, após inúmeros testes para tentar provar sua falsidade, resiste aos testes.

Destacar a diferença entre o senso comum e o conhecimento científico é fundamental para os alunos compreenderem a natureza e a importância da ciência. Um professor também deve destacar que a ciência é um empreendimento humano em constante evolução, e que as perspectivas mudam ao longo do tempo. Esse ponto deve ser enfatizado sempre que um tópico for apresentado em seu contexto histórico, ressaltando a visão da época. Ao abordar a transição para outro período, o professor deve destacar as anomalias que deram origem e sustentaram essa mudança.

Referências Bibliográficas

- [Auler 2007]AULER, D. Enfoque ciência-tecnologia-sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. *Ciência & Ensino*, Campinas, v. 1, n. esp, p. 1–20, 2007.
- [Bohr 1962]BOHR, N. Atomic theory and the description of nature. *American Journal of Physics*, American Association of Physics Teachers, v. 30, n. 9, p. 658–660, 1962.
- [Cara et al. 2019]CARA, B. et al. *Educação contra a barbárie*. [S.l.]: BOD GmbH DE, 2019.
- [DeBoer 2019]DEBOER, G. *A history of ideas in science education*. [S.l.]: Teachers college press, 2019.
- [Freire 1971]FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. 1971.
- [Gandra e Silva 2018]GANDRA, L. P.; SILVA, G. R. da. Modelagem e história da ciência: uma abordagem pedagógica para a estrutura atômica no 9º ano do ensino fundamental. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias: Góndola, Ens Aprend Cienc*, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, v. 13, n. 1, p. 14–32, 2018.
- [Hallam 1973]HALLAM, A. A revolution in the earth sciences: From continental drift to plate tectonics. *A revolution in the earth sciences: From continental drift to plate tectonics*, 1973.
- [Hegel 1992]HEGEL, G. W. F. *Fenomenologia do espírito*. [S.l.]: Vozes, 1992.
- [Kuhn 2021]KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. [S.l.]: Perspectiva, 2021.
- [Maxwell 1873]MAXWELL, J. C. *A treatise on electricity and magnetism*. [S.l.]: Clarendon press, 1873. v. 1.
- [Medeiros e Filho 2000]MEDEIROS, A.; FILHO, S. B. A natureza da ciência e a instrumentação para o ensino da física. *Ciência & Educação (Bauru)*, SciELO Brasil, v. 6, p. 107–117, 2000.
- [Meyer 1971]MEYER, H. W. *A History of Electricity and Magnetism*. [S.l.]: The MIT Press, 1971.

- [Moreira e Ostermann 1993]MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino do método científico. *Caderno catarinense de ensino de física. Florianópolis. Vol. 10, n. 2 (ago. 1993), p. 108-117*, 1993.
- [Platão 2011]PLATÃO. *A república*. [S.l.]: Nova Fronteira, 2011.
- [Popper 2021]POPPER, K. *Conhecimento Objetivo: Uma abordagem evolutiva*. Petrópolis, RJ: Vozes, 2021.
- [Popper 2004]POPPER, K. R. *A lógica da pesquisa científica*. [S.l.]: Editora Cultrix, 2004.
- [Sakurai e Commins 1995]SAKURAI, J. J.; COMMINS, E. D. *Modern quantum mechanics, revised edition*. [S.l.]: American Association of Physics Teachers, 1995.
- [Thomson 1913]THOMSON, J. J. *The structure of the atom*. [S.l.]: Academie Royale de Belgique, 1913.