

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

**BRUNA KARINY DA SILVA**

# UM NOVO OLHAR SOBRE O MÉTODO CIENTÍFICO

MARINGÁ

2012

**BRUNA KARINY DA SILVA**

# UM NOVO OLHAR SOBRE O MÉTODO CIENTÍFICO

Monografia apresentada ao Departamento de Física como requisito parcial para obtenção do título de Licenciada em Física, sob orientação do Prof. Me. Daniel Gardelli.

MARINGÁ

2012

**BRUNA KARINY DA SILVA**

# UM NOVO OLHAR SOBRE O MÉTODO CIENTÍFICO

Monografia apresentada ao Departamento de Física como requisito parcial para obtenção do título de Licenciada em Física, sob a orientação do Prof. Me. Daniel Gardelli.

## **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Me. Daniel Gardelli (orientador)

(Departamento de Física-UEM)

---

Prof. Dr. Marcos Cesar Danhoni Neves

(Departamento de Física-UEM)

---

Prof. Me. Michel Corci Batista

(Departamento de Física-UEM)

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho

Aos meus pais, Osvaldo e Clarice, aos meus irmãos, Hudson, Tatiane e Kellen, por me ajudarem com seu amor, carinho e paciência.

A todos os meus colegas e amigos que me confortaram e me auxiliaram durante a realização deste trabalho.

## **AGRADECIMENTO**

Ao meu orientador, Prof. Me. Daniel Gardelli, por me auxiliar com seus conhecimentos durante a realização desta monografia.

## **EPIGRAFE**

**``A acumulação de certos fatos, isto é, uma pura coleção de dados da observação e da experiência não constituem uma ciência. Os ``fatos`` têm de ser ordenados, interpretados, explicados. Em outras palavras, só quando é submetido a um tratamento teórico é que o conhecimento dos fatos se torna uma ciência``.**

**(Alexandre Koyré)**

## RESUMO

Esta monografia tem o objetivo de analisar o método científico baconiano ou empírico-indutivo, bem como as implicações negativas que pode causar no ensino de ciências. Em seguida é apresentada a epistemologia de Thomas Kuhn, baseada em sua mais famosa obra, *A Estrutura das Revoluções Científicas*, com o intuito de mostrar outra visão do desenvolvimento científico, na qual a ciência é considerada uma atividade humana, em que erros, acertos e modificações fazem parte da sua construção. Para concluir, é sugerida uma metodologia de ensino em ciências baseada no uso de atividades investigativas, em especial o uso de laboratórios investigativos.

**Palavras-chaves:** método empírico-indutivo, epistemologia kuhniana, laboratório investigativo.

## SUMÁRIO

<b>Introdução .....</b>	<b>9</b>
<b>1 - O Método Científico Baconiano .....</b>	<b>10</b>
<b>2- A Epistemologia de Thomas Kuhn .....</b>	<b>14</b>
2.1- Comentários sobre o livro <i>A Estrutura das Revoluções Científicas</i> .....	16
2.2- Posfácio à obra <i>A Estrutura das Revoluções Científicas</i> .....	19
<b>3- O uso do laboratório investigativo como ferramenta de ensino em ciências .....</b>	<b>22</b>
<b>Considerações finais .....</b>	<b>26</b>
<b>Referências .....</b>	<b>28</b>

## **Introdução**

Apesar de ultrapassada, a ideia de ciência presente no senso comum e tão divulgada pela comunidade escolar, é aquela baseada na visão empirista-indutivista, proposta por Francis Bacon (1561-1626). De acordo com esta visão, o método científico é tido como um procedimento testado e confiável, que se seguido corretamente leva a uma descoberta ou formulação de uma teoria, como se existisse uma receita infalível para se fazer ciência, o que não corresponde à realidade. De acordo com Thomas Kuhn (1922-1996), os livros ou manuais científicos, têm sido interpretados como se afirmassem que os métodos científicos são simplesmente aqueles ilustrados pelas técnicas de manipulação empregadas na coleta de dados de manuais, juntamente com as operações lógicas utilizadas ao relacionar esses dados às generalizações teóricas desses manuais. O resultado tem sido um conceito de ciência com implicações profundas no que diz respeito à sua natureza e desenvolvimento (KUHN, 2006, p.20).

Acredito que seja de suma importância transmitir aos alunos a ideia de ciência como sendo uma construção humana, sujeita a erros e acertos, bem como a modificações, e que o conhecimento científico não é definitivo. É preciso que se entenda o caráter inventivo da ciência, e que os cientistas conceituam as grandezas de acordo com o que observam e pensam, e que o abandono de uma teoria, não significa necessariamente que ela esteja errada. O que acontece é que alguns modelos são substituídos por outros porque explicam outras coisas, ou porque em geral são mais abrangentes.

Para tal objetivo, pretendo abordar o ensino do método científico da maneira como é praticado atualmente e propor uma forma alternativa para este estudo, baseada principalmente na epistemologia de Thomas Kuhn.

De maneira sintética, de acordo com o livro *A Estrutura das Revoluções Científicas*, de Thomas Kuhn, o desenvolvimento científico é apresentado como uma sequência de períodos de ciência normal, nos quais a comunidade científica adere a um paradigma. Quando surge uma anomalia no paradigma vigente, e esta perdura por algum tempo, dizemos que a ciência normal está em crise, até que o problema seja resolvido ou que surja um candidato a novo paradigma que seja capaz de solucionar a anomalia. Este período de crise por qual passa a ciência normal, Kuhn denomina de ciência revolucionária. Kuhn ainda defende a tese da incomensurabilidade de paradigmas, ou seja, ele não aceita a ideia de que o antigo paradigma faça parte, como se fosse um caso particular, do novo paradigma, além disso, para ele, não

existe o conceito de paradigma certo ou errado, o que existe são paradigmas mais abrangentes do que outros.

Pretendo ainda, elaborar uma estratégia de ensino em ciências baseada em quatro passos apresentados por Ostermann em seu artigo *A Epistemologia de Kuhn* (OSTERMANN, 1996, p.184-196). Os passos são:

1. Elevação do nível de consciência conceitual;
2. Introdução de anomalias;
3. Apresentação da nova teoria;
4. Articulação conceitual.

Espero que este trabalho contribua para a desmistificação do processo de evolução da física, e que possa permitir um ensino mais frutífero, além de propiciar a alunos e professores um entendimento maior da epistemologia proposta por Kuhn.

## **1- O Método Científico Baconiano**

Francis Bacon, filósofo e político inglês do século XVII, é normalmente considerado o precursor do método científico moderno, a saber, o método científico empírico-indutivo (CHALMERS, 1993, p.23). Sua contribuição não se deve propriamente ao resultado empírico de seus trabalhos e, sim, à arquitetura metodológica que montou para se fazer pesquisa científica (Vieira, 2003, 13-3). Bacon acreditava ser necessária uma revolução nos métodos de pesquisa e pensamento de seu tempo, e com tal objetivo, arquitetou um grandioso plano de trabalho científico, que intitularia mais tarde de *A Grande Instauração*.

O plano da *Grande Instauração* compreendia seis partes: a primeira era uma classificação completa das ciências existentes; a segunda, a apresentação dos princípios de um novo método para conduzir a busca da verdade; a terceira, a coleta de dados empíricos; a quarta, uma série de exemplos de aplicação do método; a quinta, uma lista de generalizações de suficiente interesse para mostrar o avanço permitido pelo novo método; a sexta, a nova filosofia que iria apresentar o resultado final, organizado num sistema completo de axiomas. Esse grandioso plano de Bacon não foi realizado inteiramente, dele restaram apenas a segunda parte, referente à metodologia, exposta em sua mais conhecida obra, publicada em 1620, *Novum Organum ou Verdadeiras Indicações Acerca da Natureza* (BACON, 1999, p. 9-10).

De acordo com Bacon só existem duas vias para a investigação e para descoberta da verdade científica. Uma que parte de observações particulares contaminadas de preconceitos, os quais levam à formulação de enunciados universais, como se fossem derivados de tais observações, e, só em seguida, elaboram-se os enunciados intermediários. A outra, realista e comedida, evita produzir ingerências subjetivas no que se observa, ou seja, contempla a realidade sem preconceitos, observando criteriosamente suas manifestações naturais para poder traduzi-las em forma de leis. Esta última, de acordo com Bacon, é o método adequado para a pesquisa científica (VIEIRA, 2003, p. 13-31).

O primeiro método é denominado por Bacon de *Antecipações da natureza*, e de acordo com o autor, é falso, porque ao cingir-se à observação de um número inexpressivo de fenômenos regulares, tomando-os como os princípios fundamentais da realidade, sem levar em conta seus possíveis contra-exemplos, ou seja, ao limitar-se à observação de uma quantidade exígua e aleatória de fenômenos, o investigador tende a recorrer à imaginação para concluir sua pesquisa, afastando-se assim da leitura fiel da natureza. De acordo com o filósofo o motivo pelo qual a ciência de sua época não ter logrado êxito se deve ao fato de ter utilizado este método (VIEIRA, 2003, p. 13-31).

O segundo método, denominado por Bacon de *Interpretação da natureza ou empírico-indutivo*, consiste na experimentação seguida por indução para generalizar o conhecimento observado para um conhecimento ou teoria universal, e segundo Bacon, este método é o correto porque não é um produto da imaginação humana e, sim, um procedimento baseado em observações solidamente registradas e catalogadas por meio de exaustivas ações intelectuais e sensoriais sobre as múltiplas manifestações das leis da natureza. Essa investigação tem o objetivo de registrar as leis naturais em suas manifestações mais recônditas e profundas, entendendo-as como são de fato e, a partir daí, modelar a produção científica adstrita ao que a natureza é na sua essência (VIEIRA, 2003, p. 13-31).

Pretendo nas linhas seguintes explicar com mais detalhes o método apresentado, e argumentar os motivos que me levam a crer que este não é um método adequado de ensino de ciências, pois vincula uma imagem do desenvolvimento científico que, em minha opinião, na maioria das vezes, é falsa.

De acordo com o método empírico-indutivo, a ciência começa a partir de uma observação neutra, seguida de uma generalização, ou indução da proposição de observação para leis e/ou teorias universais, que constituirão o conhecimento científico. O adjetivo neutra

implica que ao observar, deve-se fazer uso exclusivo dos sentidos, registrando fielmente o que puder ver, ouvir em relação ao que está sendo observado. Sendo assim, não é permitido a introdução de nenhum elemento pessoal, subjetivo no ato de observar. Contudo, para que se possa extrair o conhecimento científico universal das proposições singulares de observação, três requisitos são essenciais (CHALMERS, 1993, p. 26):

1<sup>o</sup> ) O número de proposições de observação que forma a base de uma generalização deve ser grande;

2<sup>o</sup> ) As observações devem ser repetidas sob uma ampla variedade de condições;

3<sup>o</sup> ) Nenhuma proposição de observação deve conflitar com a lei universal derivada.

Entretanto, ao analisar a descrição do método, percebemos que o mesmo deixa a desejar em relação a duas suposições importantes em relação à observação: uma é que a ciência começa com a observação, a outra é que a observação produz uma base segura da qual o conhecimento científico pode ser derivado, além da vagueza da exigência de que um ``grande número`` de observações deve ser feito sob uma ``ampla variedade`` de circunstâncias (CHALMERS, 1993, p.39-46).

Quantas observações constituiriam um grande número? Uma, duas, dez, cem, infinitas? Quantas vezes seriam necessárias que uma pessoa colocasse a mão no fogo para perceber que este queima? Que uma barra de metal se dilata quando aquecida? Que uma pedra atirada para cima cairá para baixo? (CHALMERS, 1993, p.39).

Existem circunstâncias nas quais essa exigência de um grande número de observações parece desnecessária, como no caso do exemplo do fogo citado. Em outras situações, entretanto, a exigência de um grande número de observações parece fazer mais sentido, como no caso da barra de metal aquecida. Sendo assim, como argumenta Chalmers, se o princípio da indução deve ser um guia para o que se estima como uma inferência científica legítima, então a cláusula ``grande número`` terá que ser determinada detalhadamente (CHALMERS, 1993, p.39-40).

Outro ponto citado e que abala a estrutura do método indutivo diz respeito à exigência de que as observações devem ser feitas sob uma ampla variedade de circunstâncias. O que deve ser considerado como uma ampla variedade de circunstâncias? Como saber se determinado fato ou circunstância será relevante ou irrelevante na observação? No caso da

barra de metal aquecida, é necessário variar o comprimento, a hora e o dia da observação, o lugar onde o experimento está sendo realizado, o tipo de metal, ou o quê? Como saber distinguir entre o que interfere e devemos levar em consideração daquilo que podemos desprezar? A resposta é direta: fazendo uso da teoria, contradizendo assim, o argumento de uma observação neutra (CHALMERS, 1993, p.40).

Outro ponto a ser considerado é que aquilo que um observador vê, ou seja, a experiência visual que um observador tem ao ver um objeto depende, em parte, de sua experiência passada, de seu conhecimento e de suas expectativas. Dessa forma, embora as imagens sobre nossas retinas façam parte do que vemos, outra parte muito importante da causa é constituída pelo estado interior de nossas mentes ou cérebros, que vai depender claramente de nossa formação (CHALMERS, 1993, p.49-52).

Em relação ao ensino do método científico, de acordo com Ostermann e Moreira, no ensino de ciências é bastante comum os professores enfatizarem a aprendizagem do método científico. Mais importante do que aprender significados corretos de alguns conceitos científicos é aprender as etapas do método científico, que pode ser constituído pelos seguintes passos (MOREIRA; OSTERMANN, 1993, p.108-117):

- Observação (cuidadosa, repetida, crítica);
- Formulação de hipóteses (a serem testadas);
- Experimentação (para testar hipóteses);
- Mediação (coleta de dados);
- Estabelecimento de relações (tabelas, gráficos);
- Conclusões (resultados científicos);
- Estabelecimento de leis e teorias científicas (enunciados universais para explicar os fenômenos).

Ainda de acordo com Ostermann e Moreira, o principal problema de um ensino baseado nestes métodos é o de transmitir e reforçar a ideia de que o método científico é uma sequência rígida, lógica, como se fosse uma receita infalível para se produzir ciência, que o conhecimento científico, além de ser sempre verdadeiro e eterno, começa a partir de uma observação neutra (MOREIRA; OSTERMANN, 1993, p.108-117).

A partir do já exposto, podemos perceber que a ciência não começa a partir de uma observação neutra, pois a mente de nossos observadores está repleta de teorias e conhecimentos devido a suas vivências.

É preciso ressaltar que a receita de pesquisa científica sugerida pelo método empírico-indutivo (observação que leva ao conhecimento) não existe. Ao analisar a história da ciência, percebemos que hipóteses, descobertas, invenções e até mesmo argumentos religiosos fazem parte do conhecimento científico, que não necessariamente precisa ser verdadeiro e eterno, que pode ser modificado no decorrer do tempo, uma vez que o homem faz parte da ciência, e como já discutido anteriormente, semeia todo o seu conhecimento e subjetividade em sua prática. Acredito que o ensino de ciências baseado em uma sequência rígida de passos, começando com observação e culminando em uma descoberta ou conclusão, seja um erro didático e epistemológico.

## **2- A Epistemologia de Thomas Kuhn**

Thomas Kuhn (1922-1996) iniciou sua carreira universitária como físico teórico. O primeiro contato de Kuhn com a história e filosofia da ciência ocorreu em sua pós-graduação em física, em um curso experimental de sua universidade, que apresentava a ciência física para os não-cientistas (KUHN, 2006, p.9). Tal experiência levou-o a reflexões sobre o desenvolvimento e a estruturação da ciência, culminando na publicação, em 1962, de seu mais famoso livro, que é fonte de pesquisa para o presente trabalho, *A Estrutura das Revoluções Científicas*. Nesta obra, Kuhn explica, utilizando termos específicos de sua teoria, o processo de desenvolvimento do conhecimento científico, faz uso a todo tempo de exemplos para melhor compreensão do leitor, e no decorrer da leitura percebemos claramente que essa ideia linear e correta de ciência não existe. Para Kuhn, a comunidade de cientistas está sujeita a transformações de paradigmas, que caracterizam as revoluções científicas, e a transição sucessiva de um paradigma a outro por meio de uma revolução, é o padrão usual de desenvolvimento da ciência amadurecida (KUHN, 2006, p.32).

A atividade da qual os cientistas se ocupam durante grande parte do tempo, Kuhn denomina de ciência normal. De acordo com ele, "ciência normal significa a pesquisa firmemente baseada em uma ou mais realizações científicas passadas. Essas realizações são reconhecidas durante algum tempo por alguma comunidade científica específica como

proporcionando os fundamentos para sua prática posterior`. Poderíamos dizer que a ciência normal é a ciência que vivenciamos nos dias de hoje, que tem por objetivo, principalmente, levar a um aperfeiçoamento e maior articulação do paradigma vigente. Essa articulação pode ocorrer ampliando-se o conhecimento daqueles fatos que o paradigma apresenta como particularmente relevante, aumentando-se a correlação entre esses fatos e as predições do paradigma, determinação de constantes, elaboração de leis quantitativas, confecção de equipamentos para demonstrar alguma predição do paradigma, e até mesmo apresentar uma nova aplicação do paradigma (KUHN, 2006, p.29).

Não faz parte do trabalho da ciência normal propor novas teorias. Entretanto, na busca da articulação do paradigma, podem surgir descobertas não preditas, ou fatos em desarmonia com a teoria, e então dizemos que surge uma anomalia no paradigma vigente, o que pode acarretar em uma crise na comunidade científica. Segue-se então uma exploração mais ou menos ampla da área onde ocorreu a anomalia. Esse trabalho somente se encerra quando a teoria do paradigma for ajustada, de tal modo que o anômalo se tenha convertido no esperado. Isto é feito através de numerosas articulações e modificações *ad hoc* da teoria, a fim de eliminar qualquer conflito aparente. Entretanto, nem sempre os cientistas conseguem encontrar uma explicação para a anomalia, restando assim duas alternativas: primeira, após inúmeras tentativas de encontrar uma solução, os cientistas podem concluir que nenhuma solução para o problema poderá surgir no estado atual da área de estudo. O problema recebe então um rótulo e é posto de lado para ser resolvido por uma futura geração que disponha de instrumentos mais elaborados. Ou, a segunda possibilidade seria a emergência de um novo candidato a paradigma e com uma subsequente batalha por sua aceitação (KUHN, 2006, p.44, p.78, p.107).

Para ser aceito, o novo candidato a paradigma deve parecer melhor que seu antecessor, mas não precisa explicar todos os fatos com os quais provavelmente será confrontado. Basta que o novo paradigma consiga explicar de maneira satisfatória todos os fenômenos que o antigo paradigma explicava, e também a nova anomalia. Aqui é importante salientar que na concepção de Kuhn, não existe o conceito de paradigma certo ou errado, o que existe são apenas paradigmas mais abrangentes do que outros. Dessa forma, a teoria de Einstein é mais abrangente do que a de Newton, assim como a de Newton é mais abrangente do que a de Aristóteles, por exemplo.

Este período de crise por qual passa a ciência normal, caracterizado pela disputa entre o velho e o novo paradigma, é, no contexto da epistemologia kuhniana, denominado de ciência revolucionária. Esse processo, de acordo com o autor, raramente é completado por um único homem e nunca de um dia para o outro. São necessários anos para a conversão completa da comunidade científica ao novo paradigma, e muitas vezes, esta conversão só se realiza completamente após a morte dos membros da geração adepta ao velho paradigma (KUHN, 2006, p.26).

Essa transição de um paradigma em crise para um novo, do qual pode surgir uma nova tradição de ciência normal, está, de acordo com a visão de Kuhn, longe de ser um processo cumulativo obtido através de uma articulação do velho paradigma. Neste ponto, temos um conceito muito importante da epistemologia kuhniana: a tese da incomensurabilidade de paradigmas. A assimilação de um novo tipo de fato exige mais do que um ajustamento aditivo da teoria, é necessário que o cientista aprenda a ver a natureza com outros olhos, é uma reconstrução da área de estudos a partir de novos princípios, reconstrução que altera algumas das generalizações teóricas mais elementares do paradigma, bem como muitos de seus métodos e aplicações (KUHN, 2006, p.116).

A partir do momento que é estabelecido um novo paradigma que ditará a prática científica, temos novamente a predominância da ciência normal, que poderá ser interrompida com o surgimento de uma anomalia e crise, e assim todo o processo se reinicia.

## **2.1- Comentários sobre o livro *A Estrutura das Revoluções Científicas***

Ao defender a tese da incomensurabilidade de paradigmas, Kuhn é a favor da ideia de uma ciência humana, e por isso mesmo sujeita a erros, acertos e modificações. Ele não consegue enxergar o processo de desenvolvimento científico como sendo linear e cumulativo, e ainda argumenta que ``Grande parte da imagem que cientistas e leigos têm da atividade científica criadora provém de uma fonte autorizada que disfarça sistematicamente – em parte devido a razões funcionais importantes – a existência e o significado das revoluções científicas`` (KUHN, 2006, p.175). Esta fonte de autoridade que o autor cita, são os manuais científicos, juntamente com os textos de divulgação e obras filosóficas (KUHN, 2006, p.176).

Esta imagem deformada da ciência é comum, porque os manuais científicos, em geral, contêm apenas um pouco de história, muitas vezes apenas um capítulo introdutório, com

referências aos grandes heróis de uma época anterior (KUHN, 2006, p.177). Ainda de acordo com o autor, ``Os manuais, por visarem familiarizar rapidamente o estudante com o que a comunidade científica contemporânea julga conhecer, examinam as várias experiências, conceitos, leis e teorias da ciência normal em vigor tão isolada e sucessivamente quanto possível. Enquanto pedagogia, essa técnica de apresentação está acima de qualquer crítica`` (KUHN, 2006, p.180).

Penso que ao colocar isto, Kuhn não esteja assumindo uma posição favorável a esta prática de ``ensino e aprendizagem``, baseada no uso excessivo de manuais, que além de serem muito resumidos, priorizam a resolução de exercícios. Acredito que a intenção do autor é mostrar que independente de ser uma prática louvável ou não, é assim que as coisas acontecem na prática. Um futuro cientista aprenderá sua profissão a partir da aprendizagem ou memorização de técnicas desenvolvidas pela comunidade de cientistas normais para a resolução de problemas, técnicas essas que aparentemente funcionam. Contudo, não devemos deixar de nos questionar: será que essa prática propicia ao aluno uma verdadeira aprendizagem de conceitos científicos? E se ela funciona, serve para todos? Ou seja, será que todas as pessoas conseguem aprender somente através de estudos de manuais e resolução de exercícios?

Acredito que não! Não concordo que esta prática pedagógica baseada no estudo desses manuais científicos seja a melhor forma de estudo e ensino de ciências, e muito menos que esta metodologia esteja acima de qualquer crítica como é sugerido. Penso que, é justamente esta forma de ensino a grande responsável pela disseminação desta visão de ciência empírico-indutivista, tanto no ensino médio quanto no superior. Por exemplo, os professores apresentam o conhecimento científico como verdadeiro, acabado, preciso e válido, como se fazer ciência fosse uma ``receitinha de bolo`` que se você seguir corretamente levará a alguma descoberta. No ensino superior esta prática também é comum. Os alunos são orientados a realizar experimentos seguindo um roteiro composto de introdução, objetivo, materiais utilizados, procedimentos, resultados e análise. Muitas vezes, a prática e a teoria não estão relacionadas, e o que mais importa é chegar à resposta considerada correta, o que infelizmente acaba contribuindo para a manutenção do método empírico.

Penso que quando Kuhn argumenta que os manuais científicos, ou livros-textos, são os principais veículos de disseminação e manutenção desta visão equivocada do desenvolvimento científico, ele está certo. Como o próprio autor coloca, os graduandos de

outras áreas, como `` na música, nas artes gráficas e na literatura, o profissional adquire sua educação ao ser exposto aos trabalhos de outros artistas, especialmente aqueles de épocas anteriores. Manuais, com exceção dos compêndios ou manuais introdutórios às obras originais, desempenham um papel apenas secundário. Em história, filosofia e nas ciências sociais, a literatura dos manuais adquire uma significação mais importante. Mas, mesmo nessas áreas, os cursos universitários introdutórios utilizam leituras paralelas das fontes originais, algumas sobre os ``clássicos`` da disciplina, outras relacionadas com os relatórios de pesquisas mais recentes que os profissionais do setor escreveram para seus colegas. Resulta assim que o estudante de cada uma dessas disciplinas é constantemente posto a par da imensa variedade de problemas que os membros de seu futuro grupo tentarão resolver com o correr do tempo. Mais importante ainda, ele tem constantemente frente a si numerosas soluções para tais problemas, conflitantes e incomensuráveis, soluções que em última instância ele terá que avaliar por si mesmo``.

Ao colocar isto, a intenção de Kuhn é mostrar que em outras áreas, o profissional adquire o seu conhecimento a partir do estudo de obras anteriores originais, e cita o exemplo da música e da arte, e mesmo em cursos como o de história e filosofia, nos quais os alunos se dedicam a maior parte do tempo ao estudo de manuais, em algum momento, estes estudantes utilizam leituras de fontes originais, enquanto alunos de cursos de ciências naturais, como os de física, ficam restritos ao estudo de materiais secundários, resumidos, e são treinados desde o primeiro ano do curso acadêmico a resolver problemas tidos como cruciais à profissão, como por exemplo, a determinação do período de oscilação de um pêndulo, ao invés de terem contato com a história e epistemologia da área estudada para adquirir uma maior compreensão do conceito abordado. Como o próprio Kuhn questionou, por que deveria um estudante de física ler o *Principia* de Newton? (KUHN, 2006, p.208-209). Talvez para que não pense que um belo dia uma maçã caiu na cabeça de Newton e ele descobriu a Lei da Gravitação Universal.

Quando digo que nos cursos superiores e até mesmo nos de nível médio, os alunos são ``treinados`` a resolver problemas tidos como cruciais, em vez de estudarem mais profundamente o conceito teórico, não significa que em meu ponto de vista a resolução de exercícios não seja importante, apenas compartilho com a ideia expressa por Kuhn: ``O estudante que resolveu muitos problemas pode apenas ter ampliado sua facilidade para resolver outros mais`` (KUHN, 2006, p.235), mas isso não significa que ele tenha aprendido com esta técnica a ciência física, e muito menos que tenha compreendido o seu

desenvolvimento. Em minha opinião, exercícios são importantes como aplicações do conhecimento adquirido, e também como instrumento para ampliar a capacidade de raciocínio lógico e matemático do aluno, mas em hipótese alguma como metodologia de ``ensino e aprendizagem``.

Penso que um bom ensino em ciências, deve propiciar ao aluno, principalmente o de ensino superior, que trabalhará com ciência, seja em pesquisa e/ou ensino, uma visão mais abrangente e crítica do desenvolvimento científico.

## **2.2- Posfácio à obra *A Estrutura das Revoluções Científicas***

Sete anos após a publicação de *A Estrutura das Revoluções Científicas*, em 1969, Thomas Kuhn publicou um posfácio à sua obra, com o intuito de esclarecer alguns pontos obscuros de sua teoria, entre eles o conceito de paradigma.

Conforme Kuhn, ``Percebe-se rapidamente que na maior parte do livro o termo ``paradigma`` é usado em dois sentidos diferentes. De um lado, indica toda a constelação de crenças, valores, técnicas..., partilhados pelos membros de uma comunidade determinada. De outro, denota um tipo de elemento dessa constelação: as soluções concretas de quebra-cabeças que, empregadas como modelos ou exemplos, podem substituir regras explícitas como base para a solução dos restantes quebra-cabeças da ciência normal`` (KUHN, 2006, p.220).

Para resolver este conflito, Kuhn introduz um novo conceito, mais geral, que abrangerá a ideia de paradigma pretendida no livro, o conceito de *matriz disciplinar*. De acordo com Kuhn, ``...disciplinar porque se refere a uma posse comum aos praticantes de uma disciplina particular; matriz porque é composta de elementos ordenados de várias espécies, cada um deles exigindo uma determinação mais pormenorizada. Todos ou quase todos os objetos de compromisso grupal que meu texto original designa como paradigmas, partes de paradigmas ou paradigmáticos, constituem essa matriz disciplinar e como tais formam um todo, funcionando em conjunto`` (KUHN, 2006, p.228-229).

Podemos dizer que a matriz disciplinar proposta por Kuhn, é composta por quatro elementos: as *generalizações simbólicas*, os *modelos ou metáforas*, os *valores* e os *exemplares*, que serão discutidos e exemplificados a seguir.

### **Generalizações simbólicas**

Corresponde a todas as definições utilizadas por um grupo de cientistas praticantes da ciência normal, que podem ser expressas por meio de símbolos matemáticos ou até mesmo na forma escrita. Alguns exemplos citados por Kuhn em seu livro são:  $F = m \cdot a$ ;  $V = R \cdot i$ ; ``a toda ação corresponde uma reação igual e contrária``; ``os elementos combinam-se numa proporção constante aos seus pesos``, entre outros.

### **Modelos**

Modelos são as analogias utilizadas pelos cientistas com o intuito de facilitar a explicação e compreensão de certos conceitos. Nas palavras de Kuhn, ``... fornecem ao grupo as analogias ou metáforas preferidas ou permissíveis`` (KUHN, 2006, p.231). Como exemplo podemos citar: ``o circuito elétrico pode ser encarado como um sistema hidrodinâmico em estado de equilíbrio, e as moléculas de um gás comportam-se como pequeninas bolas de bilhar elásticas movendo-se ao acaso`` (KUHN, 2006, p. 231).

### **Valores**

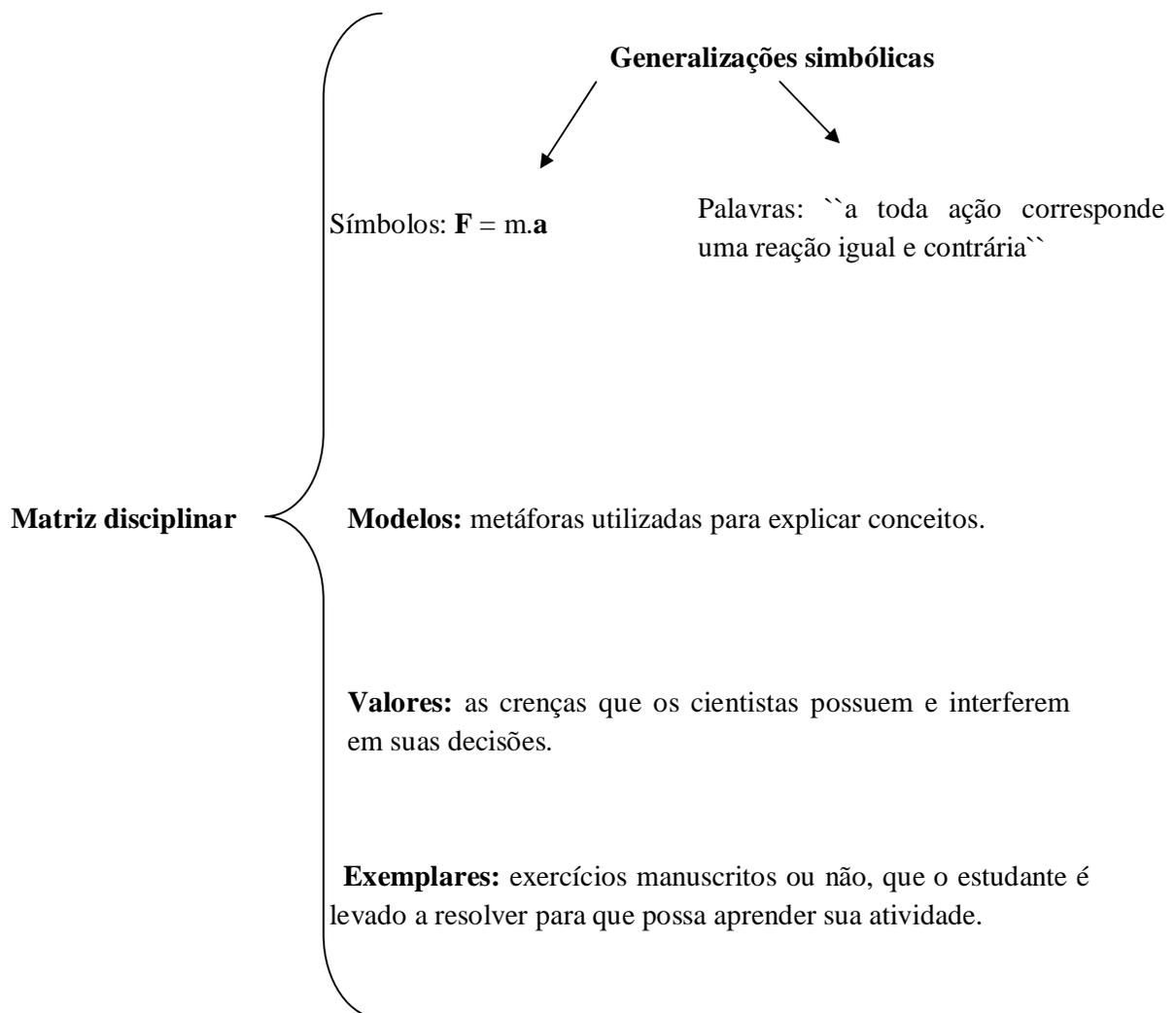
Os valores são os elementos dentro da matriz disciplinar responsáveis pelas escolhas dos cientistas. Por exemplo, ao ter que optar entre uma teoria e outra, um cientista pode analisar quais das duas teorias é mais acurada, para poder então se decidir por uma delas, enquanto que outro cientista ao fazer a escolha, pode preferir levar em consideração a simplicidade da teoria. Dentro da matriz disciplinar, os valores são muito importantes, e essa importância aparece ``quando os membros de uma comunidade determinada precisam identificar uma crise ou, mais tarde, escolher entre maneiras incompatíveis de praticar sua disciplina`` (KUHN, 2006, p.231).

### **Exemplares**

De acordo com Kuhn, ``Com essa expressão quero indicar, antes de mais nada, as soluções concretas de problemas que os estudantes encontram desde o início de sua educação científica, seja nos laboratórios, exames ou no fim dos capítulos dos manuais

científicos` (KUHN, 2006, p.234), e são essas soluções que indicam, através de exemplos, como o cientista deverá trabalhar.

### Esquema explicativo de matriz disciplinar



Um ponto que para mim é contraditório na epistemologia kuhniana, e o autor não esclarece em seu posfácio, é com respeito ao surgimento da crise. Kuhn compara a todo o momento os problemas da ciência normal com quebra-cabeças, mas em meu entendimento, a

analogia que o autor sugere deve-se ao fato de que assim como os quebra-cabeças, que sabemos que existe uma solução e basta encontrá-la, os cientistas também sabem que os problemas que a ciência normal possui, também possuem solução, e só a falta de habilidade ou engenho do cientista o impedirá de resolver a questão. Kuhn diz: ``Uma das razões pelas quais a ciência normal parece progredir tão rapidamente é a de que seus praticantes concentram-se em problemas que somente a sua falta de engenho pode impedir de resolver`` (KUHN, 2006, p.60). Sendo assim, como pode então ocorrer as crises e conseqüentemente as revoluções científicas? Não deveria a ciência ficar estagnada em um único paradigma, já que não haveria motivo para revolução? Kuhn não responde a essas indagações.

Contudo, sabemos que isto não ocorre. A ciência é viva, e, portanto, sujeita a um processo de transformações, que ocorre justamente por causa das crises que se estabelecem com a presença das anomalias, estimulando a comunidade de cientistas em busca de novas respostas, novos conhecimentos. Sendo assim, no tópico seguinte, apresentarei uma estratégia de ensino em ciências, baseada na epistemologia kuhniana, tendo como ponto chave a introdução de uma anomalia com o intuito de gerar um conflito cognitivo no aluno (crise), seguido por uma busca de solução, com o objetivo de transpor o conhecimento empírico do estudante para um conhecimento cientificamente mais aceito. Pretendo fazer isso tendo como base o uso do laboratório investigativo.

### **3- O uso do laboratório investigativo como ferramenta de ensino em ciências**

Vivemos numa era na qual a ciência faz parte inevitavelmente de nossas vidas, principalmente no desenvolvimento tecnológico. Sendo assim, é de suma importância o entendimento da natureza da ciência, e, poderíamos dizer que seu entendimento é um dos objetivos primários da educação.

Como já argumentado anteriormente, o ensino de ciências baseado no método científico empírico-indutivo é prejudicial ao aprendizado da verdadeira concepção científica, pois engendra uma visão de ciência fechada e principalmente, que existe uma metodologia específica para se produzir conhecimento científico. Como já discutido, muitos epistemólogos contemporâneos são contra essa ideia de ciência, entre eles Thomas Kuhn, que em seu livro *A Estrutura das Revoluções Científicas*, defende arduamente uma concepção de ciência

humana, e com todas as implicações que o ato humano pode acarretar, como o erro, as suposições, os interesses políticos, religiosos, entre outros.

Mas como então promover um ensino que possibilite ao aluno uma compreensão epistemologicamente mais adequada do desenvolvimento científico? A resposta que os trabalhos de pesquisa em ensino sugerem é o uso de atividades investigativas em sala de aula.

De acordo com a pesquisadora Maria Cristina P. Stella de Azevedo, os estudos mostram que os estudantes aprendem mais sobre ciência e desenvolvem melhor seus conhecimentos conceituais quando participam de investigações científicas, semelhantes às feitas nos laboratórios de pesquisa, e podem ser resolvidas tanto na forma de práticas de laboratório como de problemas de lápis e papel (AZEVEDO, 2009, p.19-33).

Pode-se considerar a investigação como uma atividade que depende da habilidade não só de construir questões sobre o mundo natural, mas também de buscar respostas para essas questões. Aprender a investigar envolve aprender a observar, planejar, levantar hipóteses, realizar medidas, interpretar dados, refletir e construir explicações de caráter teórico, reformular explicações, errar, características que são presentes no desenvolvimento científico. Na proposta de atividades de investigação, o aluno deixa de ser apenas um observador das aulas, passando a ter grande influência sobre ela, construindo seu conhecimento com a ajuda do professor e dos outros colegas, sem a necessidade do uso de roteiros orientando-o passo-a-passo em suas atividades (AZEVEDO, 2009, p.19-33).

Uma atividade de investigação tem como ponto central a introdução de um problema (anomalia) sobre o que está sendo estudado, pois essa atividade precisa fazer sentido para o aluno, de modo que ele saiba o porquê de estar investigando o fenômeno a ele apresentado, além do quê, o problema proposto constitui o ``pontapé`` inicial para a criação de um novo conhecimento (AZEVEDO, 2009, p.19-33).

As atividades investigativas podem ser de quatro tipos: *questões abertas*, *problemas abertos*, *demonstrações investigativas* e *laboratórios investigativos*. A seguir, comentarei brevemente a respeito das três primeiras atividades, e me deterei com um pouco mais de profundidade na prática do laboratório investigativo, que em minha opinião se enquadra melhor nos objetivos do trabalho.

### **Questões abertas**

São aquelas em que o professor procura propor para os alunos fatos relacionados ao seu dia-a-dia, e cuja explicação esteja ligada ao conceito discutido e construído nas aulas anteriores. Um exemplo de questão aberta poderia ser a seguinte: ``Em qual situação podemos conseguir uma lata de refrigerante em menor temperatura: colocando-a em água a  $0^{\circ}\text{C}$  ou colocando-a em gelo a  $0^{\circ}\text{C}$ ?``

### **Problemas abertos**

São situações gerais apresentadas aos grupos ou à classe, nas quais se discute desde as condições de contorno até as possíveis soluções para a situação apresentada. Um exemplo de problema aberto seria o seguinte: ``Um carro começa a frear ao ver o sinal amarelo; ele conseguirá parar antes do sinal vermelho?`` Para responder a esta pergunta, o aluno com certeza deverá levantar hipóteses com respeito ao atrito, a distância que o veículo se encontrava em relação ao semáforo quando foi avistado o sinal amarelo, o tempo de reação do motorista, se o veículo era um caminhão ou um fusquinha, ou seja, quais fatores intervirão ou não na análise do problema.

### **Demonstrações investigativas**

São demonstrações, realizadas pelo professor, que partem da apresentação de um problema ou de um fenômeno a ser estudado, e criam a oportunidade para a construção científica de um dado conceito relacionado ao objeto de estudo. Um cuidado no planejamento das demonstrações investigativas é buscar uma questão problematizadora que, ao mesmo tempo, desperte a curiosidade e oriente a visão dos alunos sobre as variáveis relevantes do fenômeno a ser estudado, fazendo com que eles levantem suas próprias hipóteses e proponham possíveis soluções.

### **Laboratórios investigativos**

Poderíamos dizer que uma atividade de laboratório aberto ou investigativo, busca a solução de uma questão, que no caso será respondida por uma experiência. Essa questão deve

ser bem pensada e elaborada pelo professor, pois um requisito essencial é que o problema proposto seja estimulante para os alunos, aguçando assim, a curiosidade dos mesmos, impulsionando-os em busca de soluções. É importante também que essa questão não seja muito específica, de modo que possa gerar uma discussão bastante ampla (AZEVEDO, 2009, p.19-33).

O segundo passo após a introdução do problema seria a resolução do mesmo, através do levantamento de hipóteses. O interessante de uma atividade investigativa como essa, é que ela seja realizada em grupos, pois em grupo os alunos têm a oportunidade de expor suas ideias, questionar os outros colegas, defender suas hipóteses a partir de argumentações, perceber que as ideias que surgem nas respostas são diferentes, relacionadas às conversas ocorridas nos diferentes grupos de estudantes.

A partir de uma atividade como essa, os alunos podem perceber que o conhecimento científico se dá através de uma construção, mostrando assim seu aspecto dinâmico e aberto. Dessa forma, o aluno participa dessa construção, ao contrário do que aconteceria numa aula de laboratório tradicional, na qual os alunos seguiriam um roteiro, previamente elaborado pelo professor, no qual o trabalho de grupo dos alunos ficaria restrito à divisão das tarefas e muito pouco pela troca de ideias significativas sobre o fenômeno estudado.

Durante essa etapa, o professor deve acompanhar os grupos, estando atento à discussão dos alunos. É recomendado que o professor não intervenha nas discussões, pois os estudantes precisam fazer a experiência, perceber o que dá certo ou errado, testar suas hipóteses, afim de que o problema seja resolvido. Pode acontecer que durante o teste experimental, uma hipótese elaborada pelo grupo seja contrariada pelos resultados experimentais. Esse fato pode criar um conflito cognitivo (crise) no grupo de alunos, e é da superação deste conflito que nascem as aprendizagens efetivas, pois é a partir do entendimento da causa do erro em seu próprio raciocínio que os alunos melhor compreendem o raciocínio correto (CARVALHO, 2010, p.53-76).

Após a introdução do problema e do levantamento de hipóteses para a solução do mesmo, a etapa seguinte é a apresentação dos alunos sobre o que fizeram. Um representante de cada grupo vai explicar para o professor e demais colegas como seu grupo fez para solucionar o problema. Esta etapa é importante, porque ao falarem, os alunos desenvolvem um raciocínio que os levam a tomar consciência de suas ações e o porquê destas. É nessa etapa que se solidificam as discussões feitas nos grupos, levando-os a tomarem consciência

das variáveis do fenômeno físico estudado, o que se traduz nas falas dos alunos, em apresentação de análises qualitativas dessas relações (CARVALHO, 2010, p.53-76).

A quarta etapa consiste em uma explicação ou sistematização do fenômeno físico abordado no experimento. Poderíamos dizer que de toda a atividade esta é a etapa mais difícil, pois o professor deverá apresentar a nova teoria, e realizar uma articulação conceitual entre essa e as hipóteses sugeridas pelos alunos, na tentativa de conduzir as explicações dos estudantes para a mais próxima possível da explicação que é mais aceita cientificamente, o que exigirá uma grande preparação do professor.

E por último é recomendado que os estudantes escrevam um relatório individual do experimento. A escrita desse relatório consiste em uma atividade complementar à da argumentação realizada anteriormente. A escrita exigirá dos estudantes um esforço cognitivo maior, pois os mesmos terão que elaborar seus pensamentos, aumentando assim seu entendimento do tema estudado (CARVALHO, 2010, p.53-76).

### **Considerações finais**

Acredito que ao escrever *A Estrutura das Revoluções Científicas*, Thomas Kuhn, objetivava principalmente alertar a comunidade científica, bem como professores e alunos, para aspectos do desenvolvimento científico que muitas vezes são mascarados pelos manuais de divulgação científica. Em seu livro, Kuhn procurou mostrar através de exemplos históricos, que a ciência, mais do que de gênios e metodologias infalíveis, é feita pelo erro, o acerto, as hipóteses e principalmente a argumentação.

Sendo assim, ao propor uma metodologia científica baseada na epistemologia kuhniana, não pretendo em hipótese alguma, sugerir uma sequência de passos a serem seguidos. Penso que um ensino em ciências que esteja de acordo com a visão de desenvolvimento científico defendida por Kuhn, deva, acima de tudo, propiciar ao educando a oportunidade de vivenciar a prática científica, com todas as suas limitações e dificuldades.

Acredito que o uso do laboratório investigativo pode vir a ser uma metodologia de ensino de ciências interessante, pois ao permitir que os alunos interajam com o experimento, bem como com o fenômeno físico abordado pelo mesmo, eles têm a oportunidade de

vivenciar a prática científica de um modo mais próximo do real, e perceber que a ciência é uma atividade exclusivamente humana, com todas as suas perfeições e imperfeições.

Não me atrevo a dizer que o uso do laboratório investigativo seja a solução para o ensino de ciências. Entretanto, considero que o seu uso é uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem, auxiliando-o a sair de uma postura passiva e começar a perceber e agir sobre o seu objeto de estudo, além deste tipo de atividade desenvolver a autonomia do aluno, e sua capacidade de tomar decisões, de avaliar e de resolver problemas, características que estão de acordo com a frase ``ensinar para a vida``.

Para concluir, o laboratório investigativo é apenas uma das metodologias que podemos utilizar em uma aula de ciências. Existem outras, como as já citadas, como questões abertas, demonstrações investigativas e problemas abertos. No entanto, devemos estar sempre atentos para a visão de ciência que estas atividades podem transmitir aos alunos, e, sobretudo se estas atividades promovem, de fato, uma participação ativa dos estudantes.

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO, Maria Cristina P. Stella de. Ensino por Investigação: Problematizando as Atividades em Sala de Aula. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (org.). *Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática*. São Paulo: Cengage Learning, 2009. Pp. 19-33.

BACON, Francis. *Novum Organum ou Verdadeiras Indicações Acerca da Interpretação da Natureza*. São Paulo: Nova Cultural Ltda, 1999.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. As práticas experimentais no ensino de Física. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de Carvalho (org.). *Ensino de física*. São Paulo: Cengage Learning, 2010. Pp. 53-78.

CHALMERS, Alan F. *O que é ciência, afinal?* São Paulo: Brasiliense, 1993.

GALVÃO, Roberto Carlos Simões. *Francis Bacon: teoria, método e contribuições para a educação*. Concórdia, Santa Catarina, Universidade do Contestado, número 7, II. Semestre de 2007.

KUHN, Thomas S. *A Estrutura das Revoluções Científicas*. São Paulo: Perspectiva, 2006.

MATHEUS, Renato Fabiano. *A Estrutura das Revoluções Científicas: resumo crítico detalhado*. Abril de 2005.

Disponível em <<http://www.rfmatheus.com.br/doc/revolucaocientificav2.3.pdf>>. Acesso em: <17/02/12>.

MOREIRA, Marco Antonio; OSTERMANN, Fernanda. *Sobre o Ensino do Método Científico*. Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre – RS.

OSTERMANN, Fernanda. *A Epistemologia de Kuhn*. Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre – RS.

VIEIRA, Ricardo da Silva. *Bacon e o Império da Epistemologia Indutivista*. An. Filos. São João Del-Rei, n.10, p.13-31, julho de 2003.



