



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PRPPG  
MESTRADO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

**KUHN, FEYERABEND E A REVOLUÇÃO COPERNICANA:  
“IRRACIONALIDADES” NA ATIVIDADE CIENTÍFICA?**

**STÊNIO GONÇALVES DE OLIVEIRA**

**GOIÂNIA  
2011**

**STÊNIO GONÇALVES DE OLIVEIRA**

**KUHN, FEYERABEND E A REVOLUÇÃO COPERNICANA:  
“IRRACIONALIDADES” NA ATIVIDADE CIENTÍFICA?**

Dissertação de Mestrado apresentada  
ao Programa de Pós-Graduação em  
Educação em Ciências e Matemática  
da Universidade Federal de Goiás,  
como requisito parcial para a obtenção  
do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Juan Bernardino Marques Barrio

**GOIÂNIA  
2011**

**KUHN, FEYERABEND E A REVOLUÇÃO COPERNICANA:  
“IRRACIONALIDADES” NA ATIVIDADE CIENTÍFICA?**

Por

**STÊNIO GONÇALVES DE OLIVEIRA**

Dissertação de Mestrado aprovada para obtenção do grau de Mestre em  
Educação em Ciências e Matemática, pela Banca examinadora formada por:

---

Presidente: Prof. Dr. Juan Bernardino Marques Barrio  
Orientador, UFG

---

Membro: Prof. Dr. Cássio Costa Laranjeiras - UNB

---

Membro: Prof. Dr. Rogério Ferreira, UFG.

Goiânia, setembro de 2011

**Aos meus pais, Edinildo e Liula.**

O caminho até aqui não foi fácil. Muitas horas de estudos e muitas noites sem dormir. Não teria feito nada disso sem vocês!

Pai e mãe, este trabalho é a materialização de minha crença de que existem muito mais coisas além do que poderemos um dia compreender ou mesmo imaginar. Creio em cada palavra de vocês! Nada do que eu fiz é melhor do que vocês já fizeram por mim.

***Muito obrigado!***

**À minha tia Edézia.**

Quantos cafés a senhora fez por mim, heim? E quantas vezes a senhora deixou a minha farda bem passadinha na minha cama? O que sou hoje é fruto de seu apoio, do seu carinho e de seu trabalho.

***Muito obrigado!***

**Ao meu amor, Ludmilla Otaviana.**

Como é complicado encontrar namorada que converse com a gente sobre epistemologia?! Eu achei!!! Amor, você viu o dia que fui aprovado no processo seletivo e eu sei que as minhas idéias amadureceram antes de tudo em nossas conversas. A sua inteligência e sua beleza me *desnorteiam*.

***Te amo!***

## *Agradecimentos*

---

*Muito obrigado ao meu orientador, **Juan**, que muito me ajudou a compreender a natureza das discussões científicas.*

*Obrigado aos **Professores Rogério e Cássio** pelas críticas e sugestões.*

*Muito obrigado a todos que me ensinaram a gostar de ler.*

OLIVEIRA, STENIO GONÇALVES de. *Kuhn, Feyerabend e a revolução copernicana: “irracionalidades” na atividade científica?*. 127 f. Dissertação. (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática). UFG, setembro de 2011.

## RESUMO

A importância e o uso da história e filosofia das Ciências no ensino têm sido defendidos, de maneira enfática, por diferentes autores visando uma educação científica de qualidade. Da mesma forma, evidentemente com diferentes argumentos, outros autores são contrários ao seu uso. Colocando-me do lado dos defensores deste uso, neste trabalho defende-se que o ensino *das* Ciências e sua aprendizagem precisam ser acompanhados pelo estudo *sobre* a natureza da Ciência, haja vista que tanto a história como a filosofia das Ciências são importantes para pesquisadores e para professores. O presente estudo busca analisar as visões de dois filósofos da Ciência, Thomas Kuhn e Paul Feyerabend, que apontam importantes perspectivas para a discussão sobre o desenvolvimento científico. Ambos estudam a Revolução Copernicana, e verificam que o desenvolvimento científico nem sempre está condicionado a fatores racionais, ou metodológicos, entendidos como um conjunto de regras a ser seguido ou um conjunto de passos que norteiam a atividade científica. O método utilizado nesta dissertação foi de uma pesquisa bibliográfica, com foco principal na leitura dos livros destes dois autores. Isto é feito em duas partes: a primeira através de uma revisão de suas visões de Ciência e a segunda é uma tentativa pessoal de recortar suas descrições e análises sobre a Revolução Copernicana. Estes recortes têm a intenção de ressaltar, tendo por base os trabalhos de astrônomos como Copérnico e outros posteriores a ele, características, passagens ou influências subjetivas dentro da atividade científica. Subjetividade para Kuhn, irracionalidade para Feyerabend. O que se busca neste trabalho é oferecer subsídios para a discussão clássica de nossa visão de Ciência como sendo sempre ‘racional’, metodologicamente rígida, e evidenciar elementos de subjetividades/irracionalidades(?) na atividade científica que devem ser trabalhados e discutidos no ensino de Ciências.

**Palavras chave:** Revolução Copernicana, Kuhn, Feyerabend, Popper, irracionalidade científica, ensino de Ciências.

OLIVEIRA, STENIO GONÇALVES de. *Kuhn, Feyerabend e a revolução copernicana: “irracionalidades” na atividade científica?*. 127 f. Dissertação. (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática). UFG, setembro de 2011.

## ABSTRACT

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

**Keywords:** \*\*\*\*\*

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>06</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>07</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>10</b>
<b>LISTA DE QUADROS.....</b>	<b>11</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO 1- ENSINO DE CIÊNCIAS SEM CIÊNCIAS?.....</b>	<b>22</b>
<b>CAPÍTULO 2- FALSEACIONISMO E RESTRIÇÕES METODOLÓGICAS: A RACIONALIDADE POPPERIANA.....</b>	<b>28</b>
<b>CAPÍTULO 3 – A EPISTEMOLOGIA DE THOMAS KUHN.....</b>	<b>35</b>
3.1 Pré-Ciência.....	39
3.2 Paradigmas e Ciência Normal.....	40
3.3 Crises/anomalias.....	45
3.4 As revoluções como mudanças na concepção de mundo.....	47
3.5 Escolhas e defesas de paradigmas.....	49
3.6 Não-racionalidade na Revolução Copernicana.....	57
3.6.1 O universo aristotélico.....	57
3.6.2 As leis aristotélicas do movimento.....	60
3.6.3 O universo pleno de Aristóteles.....	61
3.6.4 A majestade dos céus.....	63
3.6.5 A reverência ao Sol e o neoplatonismo da revolução copernicana.....	65
3.6.6 A inovação de Copérnico.....	67
3.6.7 As formas dos movimentos celestes e sua influência tradicional aristotélica.....	70
3.6.8 O movimento orbital terrestre e o efeito da paralaxe: um problema copernicano.....	70
3.6.9 A Astronomia planetária de Copérnico.....	72

3.6.10 Galileu e o telescópio -argumentações copernicanas.....	77
<b>Capítulo 4 – A CIÊNCIA PARA FEYERABEND.....</b>	<b>81</b>
4.1 A Ciência de Feyerabend.....	82
4.2 O argumento da torre: como Galileu "desarmou" (e não refutou) a idéia de movimento da terra.....	93
4.3 As observações telescópicas – como Galileu se apóia nas observações telescópicas para corroborar o sistema copernicano.	100
<b>Capítulo 5 - REFLEXÕES E ANÁLISE SOBRE AS IRRACIONALIDADES NA REVOLUÇÃO COPERNICANA.....</b>	<b>107</b>
5.1 Concordâncias entre Kuhn e Feyerabend acerca da revolução Copernicana.....	110
5.2 Problemas astronômicos no copernicanismo.....	111
5.3 Problemas físicos.....	115
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>120</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>126</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- A escola de Athenas do pintor Rafael.....	12
Figura 2- Sonho causado pelo vôo de uma abelha em volta de uma romã, um segundo antes do despertar do pintor Salvador Dali.....	21
Figura 3 - Mapa conceitual da epistemologia de Kuhn.....	24
Figura 4 - Mapa conceitual da epistemologia de Feyerabend.....	25
Figura 5 - Foto de Karl Raimund Popper.....	27
Figura 6- Foto de Thomas Samuel Kuhn.....	34
Figura 7 - Esquema do modelo epistemológico de Kuhn.....	37
Figura 8 - Paralaxe estelar.....	70
Figura 9- Movimentos dos planetas observado da Terra: fases progressiva e retrógrada.....	72
Figura 10- Explicação copernicana para os movimentos dos planetas superiores (a) e planetas inferiores (b).....	73
Figura 11- Foto de Paul Karl Feyerabend.....	80
Figura 12 - Friedrich Nietzsche.....	106
Figura 13- Desenho realizado por aluno na disciplina de Astronomia.....	119

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1- Características gerais do pensamento de Kuhn e Feyerabend..	<b>107</b>
Quadro 2- Concepções sobre a Ciência de Thomas Kuhn e Paul Feyerabend.....	<b>108</b>

## INTRODUÇÃO



Figura 1- A escola de Atenas do pintor Rafael <sup>1</sup>

O conhecimento do real é luz que sempre projeta algumas sombras. Nunca é imediato e pleno. O real nunca é "o que se poderia achar" mas é sempre o que se deveria ter pensado. (Bachelard, 1996, p. 17)

Talvez esta pintura do artista renascentista italiano Rafael Sanzio (1483-1520), contemporâneo de Leonardo da Vinci e Michelangelo, na qual estão pintados os sábios de diferentes épocas e linhas/áreas de pensamento como se fossem colegas de uma mesma academia, seja a melhor forma de representar o meu atual momento intelectual. De total efervescência e inquietude.

---

<sup>1</sup> Esta pintura representa uma celebração da filosofia e dos pensadores de todos os tempos, em especial os da Grécia antiga, mas também as artes simbolizadas nas laterais pelas estátuas de Apolo e Minerva. Os personagens distribuídos em grupos que representam os diferentes assuntos estão colocados ordenadamente para dar idéia de debate e tendo no centro da pintura, como árbitros, Platão, segurando o Timeu e apontando para o alto (mundo inteligível), e Aristóteles, segurando a Ética e tendo a mão na horizontal (mundo sensível).

A minha formação inicial em Física é o desencadeante direto pelo trabalho desenvolvido nesta dissertação e, antes disso, pelas idéias que a fizeram nascer. Formado numa instituição essencialmente tradicional e por um curso tradicional, a minha graduação não satisfez a minha curiosidade de outras áreas de conhecimento e, em particular, pela história da construção do conhecimento na Física. Acreditava, naquela época, que a nossa formação deveria abranger uma gama maior e mais variada de conhecimentos para que pudesse existir uma verdadeira comunicação entre as diferentes áreas do saber. Tentei, então, evitar ao máximo que a minha formação se resumisse simplesmente ao conhecimento puro de Física desvinculado de sua história e busquei, para isso, em princípio, os livros de divulgação científica.

Esse foi o meu primeiro contato com a história da Ciência e com algumas de suas diferentes concepções. Inicialmente achei que tivesse encontrado a fonte para suprir a minha curiosidade. Em certa medida, esses livros me fizeram compreender que a Ciência que eu estudava tinha uma história e que ela era omitida nos livros didáticos/técnicos utilizados ao longo da minha formação. As leituras eram diversas! Ao longo dos dois primeiros anos de curso comprei livros sobre história da física; sobre a vida dos “grandes cientistas”; muitos exemplares de revistas de divulgação da Ciência entre as quais havia algumas das que eu não compreendia nenhuma linha; bem como, livros sobre experimentos famosos e de “gênios” mais populares e até mesmo manuais de eletrônica técnica. Entre este material de leituras também apareceram revistas de teologia, ufologia, folhetos religiosos, etc. A mistura era grande. Muitas vezes tirei notas baixas nas provas de Física e Cálculo por “perder” muito tempo lendo todas essas coisas que eu achava interessante. Confesso que, de certa forma essa mistura ainda persiste na minha cabeça.

Dentro dessas variadas leituras acabei me encontrando com os trabalhos de Copérnico. Li sobre o seu pensamento e, o que mais me chamou a atenção foi o fato de que a Revolução Copernicana modifica profundamente a representação do mundo, onde a Terra perdia sua posição de privilégio no Cosmos, e não apenas a Astronomia. O Universo deixa de estar circunscrito a uma esfera cristalina do Céu que não existe fisicamente, mudando a idéia da posição do homem no tempo. Com esta nova concepção a “insignificância” do homem e a “infinitude” do Universo, privam à história terrestre da vida

humana de uma importância única e das idéias medievais, suscitando o debate com relação aos seus dogmas fundamentais. Ou seja, um acontecimento claramente delimitado que não se limitou apenas a uma área do conhecimento científico específico, sendo que suas repercussões não foram ignoradas em nenhuma parte do conhecimento humano.

Nesse sentido, ao perceber que uma mudança de teoria dentro de uma área de conhecimento poderia se tornar importante para outras atividades e que mesmo os não astrônomos eram compelidos a discutir as posições dos astros e a defenderem suas concepções, acabei me interessando ainda mais pelo assunto. Busquei mais informação sobre a Revolução Copernicana e pude perceber que sua história não era tão simples como normalmente eu pensava que era a Ciência, mas que era muito mais complexa, apresentando um espectro histórico muito mais amplo. Era justamente como eu queria entender a Ciência. Assim, busquei literatura para conhecer com mais profundidade tudo que envolvia a Revolução Copernicana e os astrônomos da época.

Em uma delas, não me lembro exatamente qual, me chamou a atenção uma citação de Thomas Kuhn. Acabei procurando saber quem era e quais seus escritos, e a *“A Estrutura Das Revoluções Científicas”* acabou sendo o primeiro livro que li desse filósofo da Ciência, cujas idéias acabaram me chamando a atenção na época por dois motivos. O primeiro era que ele fazia uma análise da Revolução Copernicana, para mim muito interessante, dando um caráter histórico dela que eu não havia encontrado em nenhum lugar até então. E ele não faz isso apenas para a Revolução, mas ele analisa outras passagens com a mesma ótica histórica. Essa historicidade da Ciência que Kuhn discutia em seu texto se encaixava exatamente no que eu procurava em minhas leituras.

O outro motivo era que pela primeira vez eu via explicitamente a tentativa de se sistematizar o conhecimento científico. Durante minha formação na graduação e nas minhas leituras sobre a Ciência ainda não havia visto isto: uma forma de sistematizar como o conhecimento científico se constrói ao longo do tempo. Compreendi como sendo “revolucionária” a visão que Kuhn deu à Revolução Copernicana, e procurei saber como outros autores, como Bachelard, Popper e Lakatos pensavam este processo da Ciência. E, descobri o que me apresentaram como Epistemologia da Ciência.

De tudo que li de Kuhn, o que mais me chamou a atenção de suas idéias foi a discussão que ele faz sobre a não racionalidade das escolhas dos cientistas perante uma crise na Ciência. Esse aspecto de irracionalidade dentro da atividade científica ainda não se havia apresentado para mim, haja vista que as minhas leituras ainda não haviam me mostrado esse aspecto. Não sei se porque fui muito influenciável neste momento, ou porque era isso mesmo o que eu pensava, mas a partir dessa leitura comecei a acreditar na presença de elementos irracionais na atividade científica.

Conforme Kuhn mostra ao longo de sua obra, eu passei a levar em consideração as muitas influências externas dentro da Revolução Copernicana e suas repercussões dentro da Ciência. Nesse sentido, a concepção copernicana de ciência não se encaixa nos padrões de estrutura das revoluções científicas kuhnianas, haja vista que a astronomia do século XVI não havia entrado num estado de crise paradigmática ao aplicar suas bases a problemas tradicionais.

Pôde até ser precipitado, mas acabei encontrando nas irracionalidades evidenciadas por Kuhn uma possibilidade de me perguntar se a Ciência é realmente assim tão diferente de outros conhecimentos ditos não científicos. Não tenho a resposta, mas é justamente o que busco com os meus estudos. Nesse sentido, as influências externas à Ciência e as pressões que fatores subjetivos fazem nas escolhas dos cientistas, tomando a Revolução Copernicana como exemplo me levaram a buscar outras formas de se interpretar a Ciência.

O meu primeiro contato com Paul Feyerabend se deu já no mestrado. O “anarquismo metodológico”, muito mais no sentido de pluralismo metodológico, e o “vale tudo” de Feyerabend me seduziram, ao ponto de que hoje considero falha toda e qualquer tentativa de se sistematizar a Ciência, ou de metodologizá-la. Entendo os termos anarquismo metodológico não no sentido de que todas as opiniões se equivalem, mas, sem julgá-las de antemão como verdadeiras ou falsas e o vale tudo no contexto de que na busca de credibilidade de perspectivas científicas rivais, tem valido tudo. Para Feyerabend, a questão não é substituir um conjunto de regras por outro, mas observar que todas as metodologias, inclusive as mais óbvias, tem suas limitações.

Em contraposição às propostas metodológicas que muitos teóricos apontaram como, Feyerabend defende que elas não englobam a atividade científica como um todo. Existem diferentes formas de conhecimento que estão em diferentes níveis epistêmicos, e o conhecimento científico apresenta uma intersubjetividade que é característico dele próprio. Da forma como compreendo, estas propostas encerram duas tentativas: a de descrever como a Ciência nasce/cresce e a de dar diretrizes para o trabalho de pesquisa do cientista.

As regras de falsificação de hipóteses constituem um exemplo das regras que as metodologias encerram para o trabalho do cientista. A observação dessas metodologias como um todo nos permite dizer, mesmo com todas as diferenças entre elas, que determinados ações ou acontecimentos históricos não se incluem em nenhuma delas. As adoções de proposições *ad hoc*, influências de crenças religiosas, pura metafísica ou simplesmente preferências estéticas não aparecem nas metodologias. Bem, tanto as trocas teóricas que um determinado grupo de pesquisadores fazem, mesmo que a teoria vigente ainda seja adotada pela maioria da comunidade, ou mesmo a pressão que os recursos financeiros/governamentais exercem sobre a direção da Ciência, são exemplos que não aparecem nas tentativas de delineamento histórico da Ciência.

A esses elementos que não aparecem nas metodologias passei a chamar de “*irracionalis*” ou “*não metodológicos*”, tomando emprestado tanto o termo quanto o significado de Feyerabend (FEYERABEND, 2007). Creio que esse é o significado que Feyerabend dá para suas “*irracionalidades*” e é com este significado que escrevo esses termos nesta dissertação.

Nesta linha de pensamento, o significado da palavra “*metodologia*” usada neste trabalho, conforme entendi de Feyerabend é um sistema de regras admitidas como válidas para a construção do conhecimento científico, ou mesmo às interpretações restritivas, dadas por epistemólogos. Ou seja, são conjuntos de regras ou métodos prescritivos e/ou restritivos da atividade do cientista.

Mas, as suas exemplificações de como a Ciência nasce/vive também de forma irracional, e principalmente os exemplo retirados da própria Revolução Copernicana, me remeteram novamente às abordagens de Kuhn. Compreendo

que quando Kuhn afirma que as escolhas de um cientista perante dois paradigmas rivais não são de maneira alguma racionalizáveis pode ser conciliado com as irracionalidades na atividade científica de Feyerabend quando o cientista é impelido a justificar a sua posição e sua teoria. Desse pensamento nasceu a idéia de “conciliar” o pensamento desses dois autores nesta dissertação: a momentânea irracionalidade que Kuhn admite quando da disputa entre duas teorias, período fora da atividade normal de Ciência, com a caracterização de irracionalidade da Ciência feyerabeniiana.

A escolha desses dois autores, para o trabalho se dá justamente por que eles escrevem a respeito da Revolução Copernicana e dedicam grande parte de seus escritos às caracterizações irracionais da Ciência, principalmente a partir da Revolução Copernicana. Não estou dizendo que estes dois autores concordem na íntegra em seus pensamentos, mesmo porque a minha leitura é de que há muitas coisas divergentes. Mas, nas irracionalidades da Revolução Copernicana creio que os dois têm muito em comum.

Após as discussões durante a qualificação, e mesmo na defesa, uma coisa ficou clara para mim: o conceito de irracionalidade é extremamente discutível e relativo. Era o que eu deveria esperar. A constatação disso me fez repensar a discussão de Kuhn e Feyerabend numa tentativa de identificar qual a metodologia criticada e analisada por eles, sob quais critérios de racionalidade suas críticas são feitas. A análise dos argumentos dos autores contidos nos seus livros e um breve estudo de suas histórias me fez crer que a discussão gira em torno dos conceitos e da metodologia de Karl Popper.

A proposta falseacionista e as restrições metodológicas traduzidas por Popper encerram uma lógica progressista para o crescimento e desenvolvimento da ciência. Não sei se Popper havia sido influenciado pela tradição científica de sua época ou se a metodologia de Popper inaugurou uma nova fase do fazer científico.

De qualquer forma, a ciência e a forma de construí-la contidas no texto “*A lógica da pesquisa científica*” são tomadas como reais e indicativas de uma ciência válida. É a partir desses conceitos de Popper que se discute parte dos critérios de demarcação científica. Nesse sentido, para uma melhor compreensão deste trabalho, inclui-se uma revisão das idéias de Popper, que posteriormente foram desenvolvidas por Lakatos.

Como os contra argumentos de Kuhn e Feyerabend vão contra os argumentos Popperianos, grande parte das discussões e críticas desses dois autores têm a intenção de evidenciar historicamente a não obediência da ciência à lógica traduzida por Popper para a atividade científica. Para isso, creio ser melhor restringir o significado da palavra “racionalidade” à racionalidade científica proposta através da lógica de Popper para a atividade científica. Assim, ao lermos “racionalidade” ou “irracionalidade” tenhamos em mente as idéias de Popper e sua lógica de pesquisa científica.

Apesar dessa restrição de significado, não penso que isso represente uma restrição da abrangência da discussão. O construto lógico de Popper é tão bem formado e coerente que é tido como a lógica da ciência pela maioria dos seus integrantes, mesmo de forma inconsciente. Ou seja, discutir a racionalidade em termos da metodologia popperiana é, a meu ver, discutir a racionalidade da nossa ciência como um todo, ou ao menos a sua pretensa racionalidade.

Assim, a explanação da lógica interna da atividade científica feita por Popper se encaixa em uma metodologia prescritiva e restritiva. Prescritiva, pois indica os caminhos falseacionistas para o crescimento da Ciência. Restritiva, no sentido de proibir a existência de certos elementos dentro da atividade científica, como por exemplo, as hipóteses *ad hoc*<sub>s</sub>.

Espero neste trabalho mostrar aos leitores, e a mim mesmo também, de que a Ciência não é aquilo que os livros didáticos, utilizados por nossos professores na nossa formação acadêmica, nos mostram. E, que a Ciência, ao não ser tão racional como nos transmitem, contendo em si algumas raízes não metodológicas, não se distancia de outras formas de conhecimentos no exercício de seu poder de forma semelhante a outras atividades humanas, onde seus integrantes buscam o crescimento de seus grupos (como demonstrado por Feyerabend a partir dos trabalhos de Galileu).

Na verdade gostaria de concluir que a Ciência é, no mínimo, muito diferente daquilo que me “ensinaram” e eu aprendi na graduação. Esta é a razão desta dissertação, e “o meu problema”:

***Identificar irracionalidades(?) presentes na atividade científica, tendo como base as leituras que Thomas Kuhn e***

***Paul Feyerabend fazem da Revolução Copernicana e a importância desta discussão no Ensino de Ciências.***

Nessa busca algumas perguntas se apresentam:

1. A Ciência é assim tão diferente de outras formas de conhecimento?
2. A Ciência tem sua construção tão racional quanto (ou como) alguns dos epistemólogos acham que seja?
3. A atividade científica contida na Revolução Copernicana se enquadra na descrição tradicional de processo de construção científica por meio de passos racionais?
4. Justifica-se a discussão entre cientistas, filósofos e historiadores da Ciência sobre a demarcação do conhecimento científico?
5. De que forma estas discussões podem inserir-se na área de Educação em Ciências e Matemática?

Como Kuhn e Feyerabend escreveram a respeito da mudança do referencial geocêntrico para o heliocêntrico e suas idéias mostram sob óticas diferentes as irracionalidades dentro da Ciência, creio que a análise desses dois autores pode resultar na contraposição da visão de Ciência que recebi ao longo da minha formação. O caminho adotado para esta tarefa foi inicialmente analisar as idéias destes dois autores que versavam sobre a Revolução Copernicana e contrapô-los, principalmente, com os conceitos de Popper sobre Ciência.

Realizar uma abordagem da natureza deste trabalho sem a perspectiva do ensino de Ciências seria incompleto. Assim, partindo da idéia expressa por Imre Lakatos de maneira incisiva de que "A filosofia da Ciência sem a história da Ciência é vazia; a história da Ciência sem a filosofia da Ciência é cega", no primeiro capítulo de forma sucinta e objetiva traz-se a discussão sobre o *Ensino de Ciências sem Ciências?*.

No capítulo dois é apresentada uma breve discussão dos critérios falseacionistas como restrições metodológicas na visão de Popper sobre a Ciência. Idéias às que se referem Kuhn e Feyerabend em diferentes momentos. Feyerabend escreve em vários capítulos do seu livro *Contra o método* frisando justamente o pensamento de Copérnico e a partir dele os trabalhos de Galileu; e Kuhn cita várias vezes a Revolução Copernicana nos

seus textos e escreve um livro inteiro analisando esta passagem, *A Revolução Copernicana*. Assim, a minha leitura sobre como cada um destes autores concebe esta mudança da concepção geocêntrica para a heliocêntrica resultou em um capítulo.

O capítulo 3, dedicado ao trabalho de Thomas Kuhn está dividido em duas partes: a primeira trata sobre a epistemologia de Kuhn e sua visão da atividade científica, as fases da Ciência, as anomalias e a disputa entre paradigmas. Usando os próprios termos de Kuhn, dá-se uma ênfase maior às questões de incomensurabilidade e de escolhas de teorias de cada cientista envolvido em uma Ciência em crise. Neste momento entram em evidência fatores subjetivos que pesam na sua atividade.

A segunda parte deste capítulo é uma leitura do livro *A Revolução Copernicana*, com base na descrição histórica que Kuhn faz da própria Revolução, do contexto que a envolvia e das teorias geocêntrica e heliocêntrica. Nesta parte trata-se um pouco mais dos termos técnicos que permeavam a atividade de astrônomos antes e depois de Copérnico, e onde Kuhn nos faz crer que dificilmente a teoria de Copérnico era melhor que a teoria ptolomaica.

O quarto capítulo nasceu do *Contra o Método* de Feyerabend. Inicialmente se refazem as críticas de Feyerabend sobre a Ciência e sobre sua posição na sociedade. Feyerabend critica o valor que damos às opiniões científicas e argumenta em defesa de conhecimentos que não são considerados científicos. Defende que grande parte da Ciência que temos é construída em procedimentos não racionais e que nem mesmo por isso é deixada de lado. Essa proposta de Feyerabend tem como consequência principal a conclusão de que nenhuma metodologia pode ser proposta que dê conta da complexidade da Ciência e de sua evolução.

Portanto, seus escritos não podem nos oferecer um modelo de Ciência. Como exemplificação de suas idéias, Feyerabend analisa os trabalhos de Galileu ao defender o copernicanismo, mostrando que muito deles não tinham nada de racional ou metodológico. Uma análise dessas idéias de Feyerabend constitui a segunda parte do capítulo dois.

O trabalho não é sobre Astronomia. Portanto, muitas das explicações de caráter astronômico, estritamente técnicas e de natureza matemática, que

aparecem nas teorias de Kuhn e Feyerabend, neste trabalho foram colocadas de forma simplificada com a intenção apenas de fomentar as discussões. Em todos os momentos destes dois capítulos busquei preservar a linguagem própria dos autores inclusive com as constantes adjetivações utilizadas principalmente por Feyerabend.

Como os recortes dos trabalhos de cada um dos autores, são a respeito da Revolução Copernicana, o conteúdo dos capítulos 3 e 4 podem ser parecidos, e os textos podem até ser repetitivos em alguns momentos. Mas, busquei dar voz aos dois teóricos ressaltando propositalmente as coincidências nos seus pensamentos por crer que esta concordância dá mais possibilidades de se compreender o que são as irracionalidades na atividade científica. Penso que o livro "*A Revolução Copernicana*" de Kuhn permite apresentar uma explanação técnica muito interessante, complementando e justificando as idéias de Feyerabend.

No capítulo cinco juntamos as falas dos dois autores pesquisados sobre a revolução provocada pelo pensamento de Copérnico, bem como concordâncias entre ambos para posteriormente, nas considerações finais realizar algumas reflexões sobre o tema e apontar perspectivas futuras de novos trabalhos.

Nas referências bibliográficas, incluímos os livros e trabalhos consultados que deram sustentação à realização do trabalho, mesmo que estes não estejam citados diretamente ao longo do texto, bem como alguns que me serviram de suporte "intelectual". Espero que ao final da leitura desta dissertação o leitor tenha compreendido minhas idéias.

Tudo vale a pena se a alma não é pequena.  
(Fernando Pessoa)

# 1. ENSINO DE CIÊNCIAS SEM CIÊNCIAS?

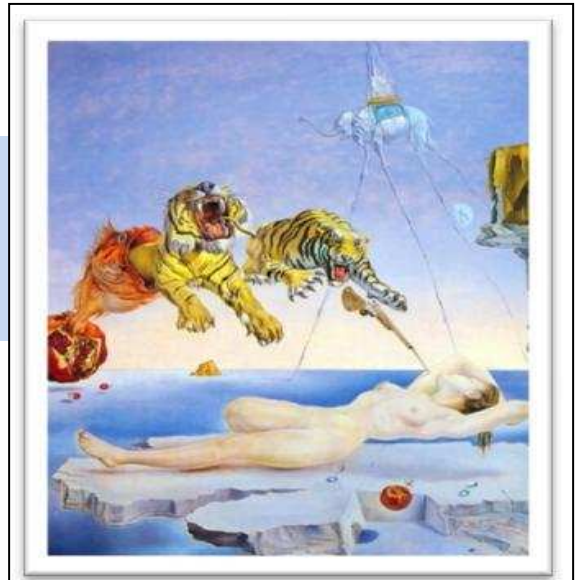


Figura 2- Sonho causado pelo vôo de uma abelha em volta de uma romã, um segundo antes do despertar. Pintura de Salvador Dalí (1944) que representa o irracional onírico.

O racionalismo absoluto que continua em moda não permite considerar senão fatos dependendo estreitamente de nossa experiência ... Os fins lógicos, ao contrário, nos escapam ... Só a palavra *liberdade* tem o poder de me exaltar.  
(do manifesto surrealista de André Breton<sup>2</sup>, 1924)

É comum ouvir, dentre os que trabalham na educação, no ensino de Ciências em especial, que existe uma crise geral, uma crise de interesse por parte dos alunos. É normal escutarmos que os alunos não querem saber de Ciências ou que não gostam e nem sentem prazer na aula do professor de Ciências. Neste sentido, o que existe na verdade é uma crise no interesse pelas aulas de Ciências, e não pela Ciência em si. Nesse sentido, a História e Filosofia das Ciências, são também indispensáveis para o ensino de Ciências.

Mathews (1995) aponta diferentes aspectos como potencialmente significativos ao trazer a História e a Filosofia da Ciência no processo educacional. Entre outros a dinâmica do processo de construção do conhecimento científico e o vínculo entre o pensamento individual e as idéias científicas; a interação entre diferentes disciplinas ao mesmo tempo em que favorece uma melhor compreensão dos conteúdos específicos dessas

---

<sup>2</sup> André Breton (1896-1966), poeta, escritor e crítico francês é chamado o “papa” do surrealismo, corrente artística moderna da representação do irracional, da qual o espanhol Salvador Dalí (1904-1989) é seu máximo representante na pintura. Segundo os surrealistas, este movimento artístico e literário representa a libertação das exigências da lógica e da razão de modo a ir além da consciência cotidiana.

disciplinas; a Ciência enquanto uma herança cultural da Humanidade; e em particular, fornece bases para os debates educacionais atuais no que tange às teorias de Aprendizagem, métodos de ensino, teorias de currículo,

Na realidade, um ensino de Ciências destituído dessas dimensões constitutivas da própria Ciência não pode ser considerado ensino de Ciências. A ausência dessas dimensões constitutivas da Ciência tem construído visões a - históricas da Ciência. Esta forma de tratar o ensino das Ciências, por sua vez, impossibilita o questionamento quanto a sua natureza, roubando a possibilidade de discutir como evolui o conhecimento científico.

Nestes termos, o resgate da dimensão histórica e filosófica da Ciência no ensino é uma das atividades necessárias ao resgate do próprio ensino de Ciências. Cabe destacar, que fatores externos à Ciência, tais como ideologia, política, crenças religiosas dos professores e estudantes influenciam nos aspectos pedagógicos e podem acabar levando a um uso inadequado da História e Filosofia da Ciência no ensino.

Assim, partindo da perspectiva de que o ensino de Ciências está influenciado pelas concepções epistemológicas dos professores sobre a natureza da Ciência que ensinam, de suas concepções alternativas sobre o ensino, da forma como os alunos aprendem, e da influência dessas representações nas decisões sobre o ensino e suas práticas docentes, neste capítulo apresenta-se uma breve discussão sobre a importância da história e da filosofia da Ciência para o ensino de Ciências. Nessa linha de pensamento,

“Nosso ensino de Ciências tem abdicado das Ciências, tornando-as ausentes de seu contexto, não poucas vezes negando-as, razão pela qual tem se convertido em mero simulacro de educação científica. Dessa forma, constitui-se uma realidade auto referenciada e bastante alheia àquela que deveria servir-lhe de inspiração e referência: a da Ciência.” (LARANJEIRAS, 2010)

Os primeiros contatos de uma criança com o conhecimento científico se dão no ensino básico, com uma visão de que se trata de um conjunto de invenções e descobertas individuais, profundas e imutáveis, reforçada pelos livros didáticos e pela mídia. Considerando que normalmente a idade desses alunos representa um período de decisão de formação profissional e de uma consciência cidadã, o ensino de Ciências nesta fase é um dos fatores que

influenciam na sua decisão e formação. Uma das formas de evitar essa imagem distorcida da construção do conhecimento é discutindo sobre o processo dinâmico do desenvolvimento da Ciência.

A desmistificação da Ciência perpassa por um processo de *humanização da atividade científica*. Este processo está necessariamente vinculado à evidência de irracionalidades na história da Ciência. Em sentido mais específico, essa humanização se relaciona à nossa consciência, de que o conhecimento humano científico é feito por seres-humanos, passíveis de erros e freqüentemente movidos por interesses estranhos à Ciência. A Ciência em si já é naturalmente humana e não necessita de reformas desta natureza.

A discussão dessas irracionalidades, tendo em vista a revisão histórica da Revolução Copernicana, a partir das concepções de diferentes epistemólogos é um dos possíveis caminhos para uma mudança. Por um lado, o subsídio histórico dado por Kuhn, e por outro lado, a contribuição de Feyerabend ao ressaltar os procedimentos não-metodológicos e subjetivos na atividade dos astrônomos envolvidos na Revolução. Portanto, o casamento das idéias desses dois teóricos focados na Revolução Copernicana pode servir para uma mudança na forma que vemos o ensino de Ciências.

Uma possível forma de introduzir esta questão na educação pode ser usando mapas conceituais. Estes são representações gráficas semelhantes a diagramas que vão dos conceitos mais abrangentes aos menos inclusivos, de forma ordenada e sequência hierarquizada dos conteúdos que abordam.

A proposta de trabalho dos Mapas Conceituais de Ausubel estabelece que a aprendizagem ocorre por assimilação de novos conceitos e proposições na estrutura cognitiva do aluno, através de modificações na estrutura cognitiva e não apenas acréscimos. Nesta perspectiva parte-se do pressuposto que o indivíduo constrói o seu conhecimento partindo da sua predisposição afetiva e seus acertos individuais. Estes mapas servem para tornar significativa a aprendizagem do aluno, que transforma o conhecimento sistematizado em conteúdo curricular, estabelecendo ligações deste novo conhecimento com os conceitos relevantes que ele já possui.

Usando os termos/conceitos introduzidos por Kuhn, que serão analisados/interpretados no capítulo 3, um mapa conceitual que pode

representar sua epistemologia e ajudar no ensino e na aprendizagem dos mesmos é apresentado na figura 3, que segue.

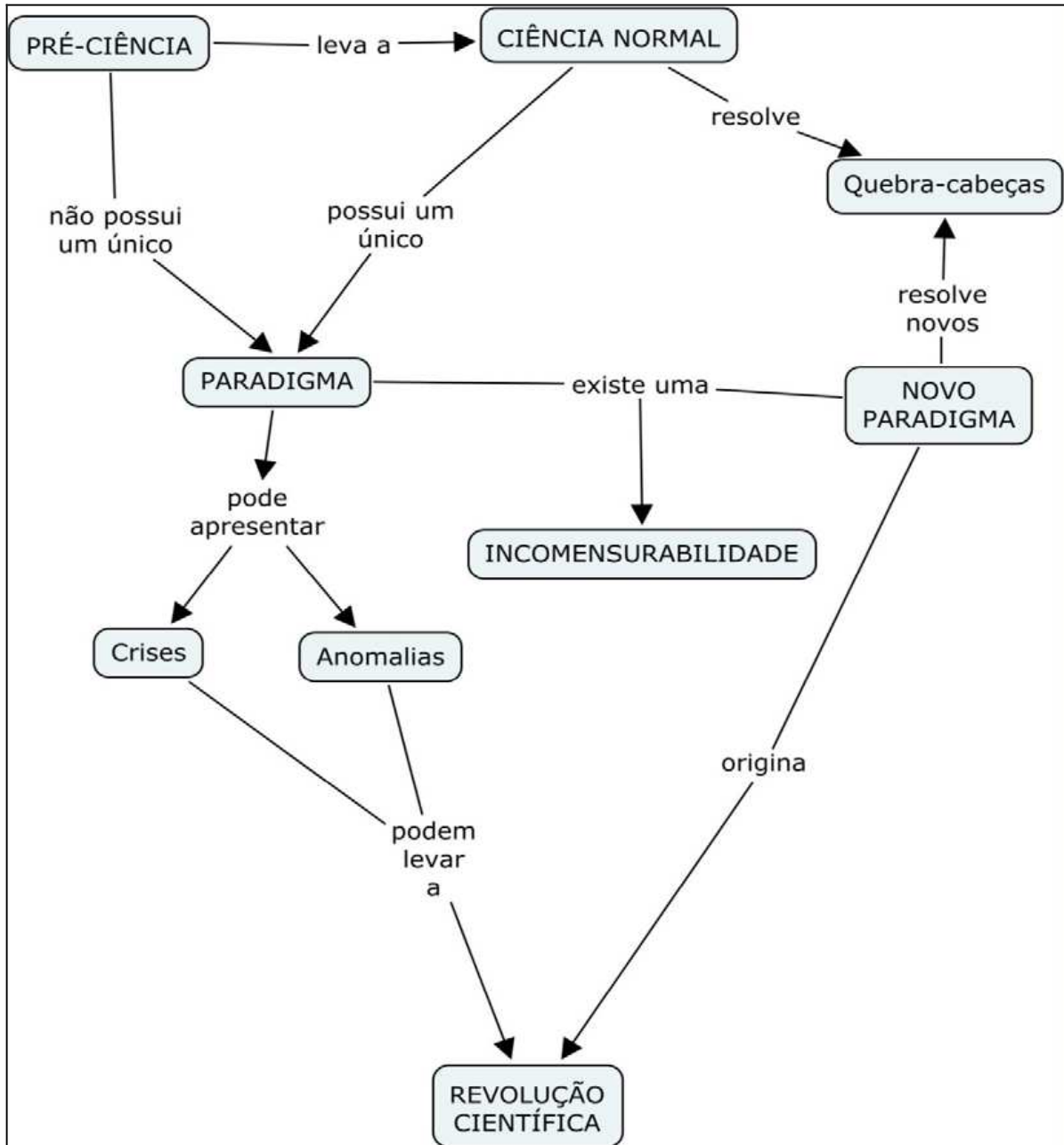


Figura 3- Mapa conceitual da epistemologia de Kuhn.  
Fonte: (Präss, 2008, p.19)

Da mesma forma esquemática um possível mapa conceitual da epistemologia de Feyerabend que conecta os conceitos principais de sua visão, que serão analisados/interpretados no capítulo 4, está na figura 4.

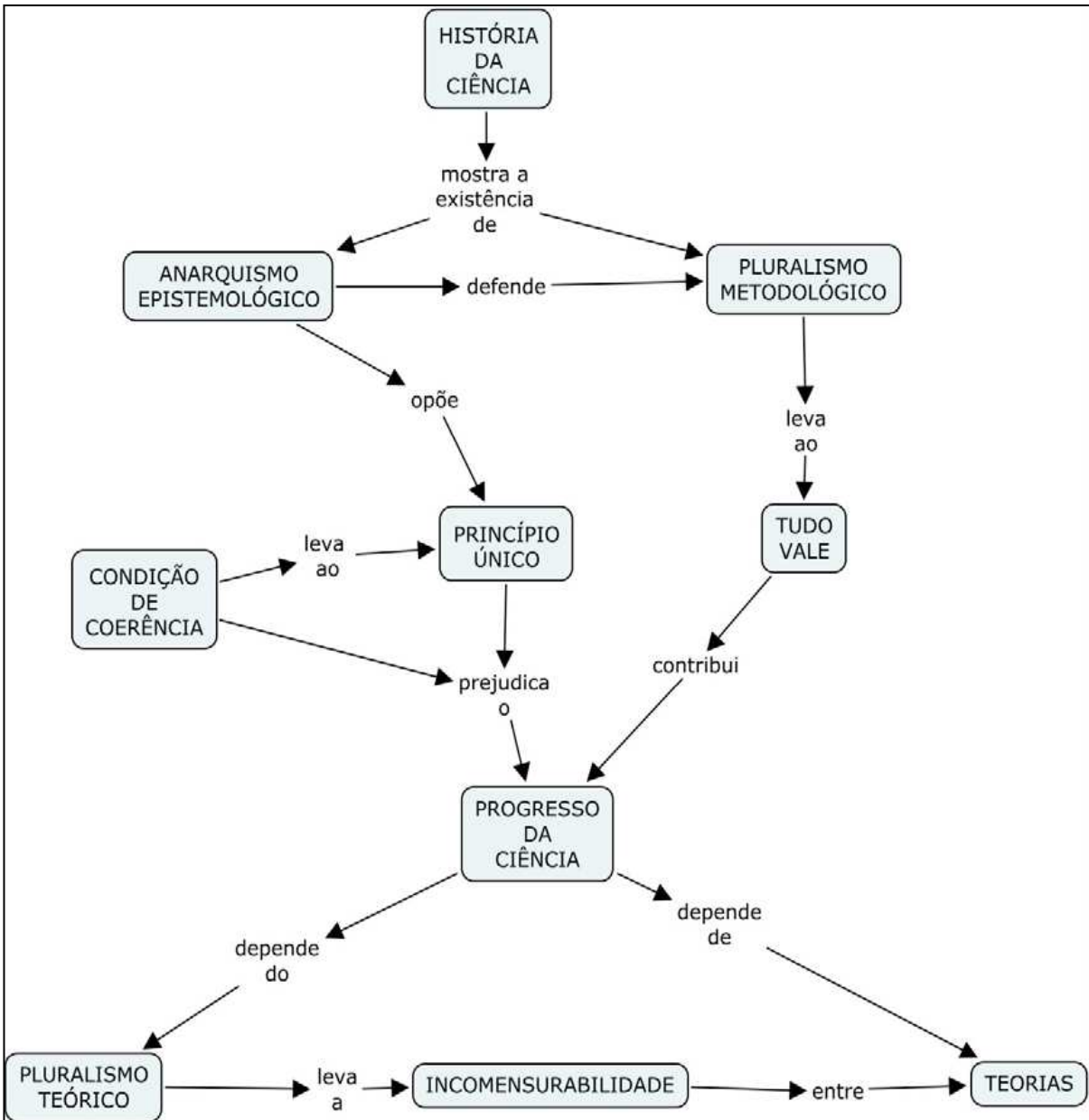


Figura 4- Mapa conceitual da epistemologia de Feyerabend.  
 Fonte: Präss (2008).

As idéias desses, e de outros pensadores sobre a história e a filosofia da Ciência podem ajudar a encontrar formas de realizar a mudança pedagógica necessária no ensino de Ciências. No entanto, apesar de que estes permitem sugerir modelos pedagógicos que rompem com a linearidade e temporalidade do ensino, numa visão dinâmica dos processos de ensino e de aprendizagem, não se trata simplesmente de levar os estudantes a aceitar as interpretações históricas oferecidas por estes dois, ou por outros, sem que possam submetê-las à crítica.

É importante que o professor consiga destacar os pontos fortes de cada teoria em cada área da Ciência, sem fazer prevalecer, na medida do possível, suas escolhas pessoais. Este resultado é tanto mais provável de ser atingido quanto mais bem sucedido for o professor em ensinar aos estudantes de modo a suscitar nestes o interesse pelas questões históricas e filosóficas que podem ser perguntadas acerca de um assunto específico, em vez de oferecer-lhes respostas prontas e definitivas ou de impor suas próprias visões. Em termos metodológicos, pode-se partir da discussão de exemplos históricos e das perguntas colocadas diante de tais exemplos, para as diversas respostas apresentadas na história da filosofia da Ciência.

Enfim, para ensinar Ciências é necessário discutir sua história e suas repercussões filosóficas, ou seja, para ensinar Ciências é preciso discuti-la em todas as suas dimensões. Nesse sentido, na sua imensa maioria as aulas não possuem de maneira alguma a dimensão histórica que seria a base para uma discussão filosófica entre os alunos, e a atividade em sala de aula muitas vezes *“constitui-se em uma realidade auto-referenciada e bastante alheia àquela que deveria servir-lhe de inspiração e referência: a da Ciência.”* (LARANJEIRAS, 2010)

Também, a história e a discussão filosófica não podem ser tomadas como elementos que se acrescenta para melhorar, com um intuito utilitário. Utilitário no sentido de acrescentar asserções históricas e filosóficas nas aulas e esperar que isso resolva os diversos problemas. Neste caso, estaríamos apenas “enfeitando” as aulas e não mudando a natureza do ensino das Ciências.

É bom compreender que uma das habilidades que se requer para compreender determinadas passagens e argumentos físicos é o raciocínio lógico-matemático. Contudo, a falta da historicização das Ciências em geral, e da física em particular, em nossas formações e a ausência de uma discussão mais sistemática e rigorosa de suas repercussões filosófica nos priva de compreender a física (e a Ciência em geral) como um componente cultural. Cultural no sentido de ser uma construção histórica humana, que traz em si as marcas das concepções passadas e fomentou mudanças de outras concepções. Ou será que os trabalhos de Newton não nos forçaram a reconceitualizar os termos pelos quais descrevíamos o mundo?

## 2. FALSEACIONISMO E RESTRIÇÕES METODOLÓGICAS: A RACIONALIDADE POPPERIANA

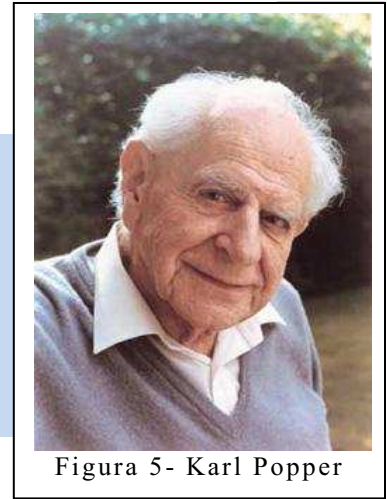


Figura 5- Karl Popper

Penso que só há um caminho para a Ciência ou para a filosofia: encontrar um problema, ver a sua beleza e apaixonar-se por ele; casar e viver feliz com ele até que a morte vos separe - a não ser que encontrem um outro problema ainda mais fascinante, ou, evidentemente, a não ser que obtenham uma solução. (KARL POPPER)

Para a compreensão de parte das discussões realizadas neste trabalho, é necessária uma breve revisão dos principais conceitos de Popper sobre a Ciência, haja vista que, em essência, as argumentações de Kuhn e Feyerabend vão contra a visão de Popper, principalmente nos critérios de demarcação científica e nas regras de crescimento da Ciência. Por isso, em partes posteriores desse trabalho veremos os dois autores, Kuhn e Feyerabend, se referindo aos conceitos de Popper em suas discussões e argumentações.

**Karl Raimund Popper**, nasceu em Viena em 1902 e falece em Londres em 1994. Cunhou o termo "Racionalismo Crítico" para descrever a sua filosofia, designação que indica sua rejeição do empirismo clássico e do observacionismo-indutivista da Ciência. Para Popper, os limites da Ciência se definem claramente, e está baseada na observação e teorização, só podem tirar-se conclusões sobre o que foi observado, nunca sobre o que não foi. A Ciência produz teorias falseáveis que serão válidas enquanto não refutadas e, por isso, não há como a Ciência tratar de assuntos cujas "doutrinas" são consideradas como verdades eternas ou da filosofia.

Mas, qual é o critério que valida e determina o status científico de uma teoria? Para Popper há uma condição fundamental para se alcançar o status de teoria científica: ela tem de ser *falseável*. Para ele o problema não é determinar quando é verdadeira ou aceitável uma teoria, mas distinguir a Ciência da pseudo-Ciência, sabendo que por vezes a Ciência erra e a pseudo-Ciência acerta.

Um dos conceitos que alicerça as idéias de Popper sobre a pesquisa científica, é o de falseabilidade das teorias e afirmações científicas. Esta metodologia falseacionista admite que a observação da natureza seja completamente guiada pelas teorias que existem a respeito, de tal modo que qualquer experimentação ou observação é feita segundo as indicações de uma teoria já existente e, as observações científicas não são feitas sem um comprometimento com um fundo teórico. Essa forma de se pensar a relação teoria-observação vai contra o método científico indutivista de que é a observação que faz nascerem as conjecturas teóricas.

Nesse sentido, um físico que vai ao laboratório realizar medidas da dilatação dos corpos devido ao aumento de temperatura, não vai à busca de uma invenção de uma lei física. Ele não vai ao laboratório com a mente completamente vazia esperando que a observação e, as medidas de objetos se dilatando, lhe possibilitem criar a lei correta. Mas, realiza a sua observação e as medidas com a mente comprometida com certas indicações teóricas pré-laboratoriais, e busca uma confirmação experimental da teoria e não a criação de uma nova teoria. Como é que ele sabe que a cor do corpo não influencia? Ou a pressão atmosférica? Ou mesmo a umidade do ar ou a intensidade das ondas eletromagnéticas no laboratório? Existe uma infinidade de fatores que o cientista não leva em consideração ao realizar o experimento. Esta seleção não pode ser desvinculada de um referencial teórico que determine os elementos influenciadores da dilatação dos corpos.

Neste sentido de assumir a teoria como antecedente da observação, as afirmações sobre a natureza passam a ter caráter de conjecturas ou hipóteses a serem testadas e comparadas com os resultados observacionais e/ou experimentais. As teorias científicas devem passar por diversos testes de comparação com os fenômenos para que possam ser tidas como não-falsas. Em um sentido mais específico, uma conjectura que afirme a relação do tamanho dos corpos com a temperatura deve passar por muitos e variados testes para que não fique provada que ela é falsa.

Para Popper o papel das afirmações teóricas e das observações é estritamente complementar. Uma vez que temos uma conjectura sobre a natureza e que esta conjectura tente explicá-la de alguma forma, neste momento cabe o confronto desta afirmação com a natureza para que fique

claro que não é falsa. Para os falseacionistas as teorias não podem assumir para si o título ou qualidade de verdadeira.

“A finalidade desta última espécie de prova é verificar até que ponto as novas conseqüências da teoria – quaisquer que sejam os aspectos novos que esta apresente no que assevera – respondem às exigências da prática, suscitada quer por experimentos puramente científicos quer por aplicações tecnológicas práticas. Aqui também o processo de prova mostra seu caráter dedutivo. Como o auxílio de outros enunciados previamente aceitos, certos enunciados – que poderíamos denominar ‘predições’ – são deduzidos da teoria; especialmente suscetíveis de serem submetidas facilmente a prova ou predições aplicáveis na prática. Dentre os enunciados referidos, selecionam-se os que não sejam deduzíveis da teoria vigente e, em particular, os que essa teoria contradiga. A seguir, procura-se chegar a uma decisão quanto a esses (e outros) enunciados deduzidos, confrontando com os resultados das aplicações práticas e dos experimentos. Se a decisão for positiva, isto é, se as conclusões singulares se mostrarem aceitáveis ou *comprovadas*, a teoria terá, pelo menos provisoriamente, passado pela prova: não se descobriu motivo para rejeitá-la. Contudo, se a decisão for negativa, ou, em outras palavras, se as conclusões tiverem sido *falseadas*, esse resultado falseará a teoria da qual as conclusões foram logicamente deduzidas.” (POPPER, 1975, p.33-34)

Isto se deve a um impedimento lógico. Num sentido indutivista, não se pode conceber como verdadeira a afirmação de que todos os corpos se dilatam quando aquecidos por ter observado milhares de corpos se dilatando ao serem aquecidos. Apenas uma observação de um corpo se contraindo, durante este processo de aquecimento, invalidaria essa afirmação universal. O impedimento está no fato de que é logicamente proibido se construir afirmações universais a partir de proposições particulares. Nada garante que uma teoria não seja falsificada futuramente apenas pelo fato de não ter sido falsificada até o momento.

Em outro sentido, não podemos dizer que uma teoria é verdadeira, tendo em vista que podem existir outras conjecturas que dêem conta das mesmas descrições naturais e muitas vezes baseadas em fundamentos diferentes. Neste caso, como afirmar que uma teoria está correta? Um exemplo histórico disso é a Revolução Copernicana.

A teoria geocêntrica de Ptolomeu foi assumida como verdadeira por descrever satisfatoriamente os movimentos observados no céu e concordar com aquilo que os olhos mostravam. O (re)surgimento da teoria heliocêntrica com Copérnico, mostra justamente esta situação, ou seja, uma teoria que

passou a descrever os movimentos observados no céu de uma forma tão satisfatória quanto à anterior, mas baseada em pressupostos diferentes. Assim, conclui-se que, para o falseacionista, não se pode afirmar que uma teoria é verdadeira, apenas que ela é uma melhor proposta dentro do que se conhece até o momento.

O conceito de afirmações falseáveis é central nesta linha de raciocínio. Para os falseacionistas uma afirmação a respeito do mundo deve ser falseável, ou seja, uma afirmação ou teoria científica deve ser falseável no sentido de ser possivelmente refutada quando confrontada com as observações e experimentos.

Um exemplo que pode esclarecer melhor o conceito de falseabilidade: *Suponha que um garoto tenha medo de dormir porque ele escuta barulhos no teto de seu quarto durante a noite. Para saber mais sobre isto, a criança pergunta ao seu pai e sua mãe qual a causa desse barulho.*

A resposta do pai é que existem fantasmas invisíveis e que não podem ser detectados e que fazem barulhos durante a noite. A resposta da mãe é que, possivelmente, existam ratos no teto de toda a casa e que saem em busca de comida durante a noite. Tanto o pai quanto a mãe fornecem respostas explicativas para o fenômeno que incomoda a criança. Porém, existe uma diferença fundamental entre as duas respostas: a da mãe é falseável e a do pai não.

A falseabilidade da hipótese da mãe reside na possibilidade de se testar sua não-falsidade e para isto, a criança pode/deve verificar a existência ou não de ratos no teto. Esta busca pode resultar na constatação da falsidade dessa hipótese, para isso basta provar que não existem ratos, ou na constatação de sua não-falsidade. A hipótese da mãe apresenta meios para compará-la com o que acontece no teto. Já a explicação do pai não é falseável no sentido de que não existe nenhuma forma de se provar que ela está errada. Não existem modos de se detectar fantasmas, uma vez que eles são indetectáveis!

Em termos falseacionistas, a hipótese materna é mais interessante para a criança, uma vez que sua não falseação trará consigo uma compreensão maior dos fenômenos que ocorrem ao seu redor. Portanto, para avançar em seu

conhecimento a criança deverá empreender uma tentativa de falsear a hipótese materna.

Para o falseacionista, a tentativa de falseação de uma hipótese é a chance que a Ciência tem para avançar no conhecimento da natureza e, essa tentativa pode resultar em duas situações. A primeira é a não constatação da hipótese, e neste caso a Ciência não avança em nada, uma vez que conjecturas sobre o mundo que não se confirmam revelam apenas que mais uma idéia sobre o mundo não tem correspondência com o real. A segunda situação é de que a hipótese se confirme, ou seja, não seja falseada. Neste caso, a Ciência progride no sentido de que esta situação confirma que aquela idéia tem correspondência com o mundo, portanto agora se sabe mais sobre ele. O falseacionista preferirá afirmações com um alto grau de falseabilidade.

Daí surge a importância de que as conjecturas científicas sejam altamente falseáveis, sendo que o grau de falseabilidade de uma teoria ou hipótese está ligado às afirmações que ela faz sobre o mundo. Quanto mais afirmações existirem e quanto mais específicas elas forem, mais falseável a teoria ou hipótese será. A confirmação de uma conjectura com um alto grau de falseabilidade é de grande interesse para o progresso da Ciência, enquanto sua falsidade nada traz de novo.

Utilizando ainda o nosso exemplo anterior, seria muito mais falseável a hipótese da mãe caso ela afirmasse que os ratos somente fazem barulho ao andarem na viga central do teto com comida em suas bocas. Neste caso, a hipótese tem muito mais afirmações e é muito mais exata e, portanto, é mais vulnerável a falseações.

A criança, na tentativa de falsear a hipótese materna instala no teto de sua casa câmeras especiais para ratos, que somente detectam ratos. (o exemplo das câmeras pode parecer absurdo, mas a Ciência está cheia de especificidades dentro das detecções experimentais). Se as imagens revelam a presença de ratos que andam no teto durante a noite, a hipótese da mãe leva ao conhecimento de ratos e, portanto, sua não falseação garante o crescimento do conhecimento do garoto.

Porém, se em um momento posterior a esta observação inicial, a criança resolve estudar mais especificamente o aparecimento dos ratos nas imagens e instala detectores sonoros no seu quarto em sincronia com as câmeras. Se a

análise desses dados mostra que o barulho não ocorre no mesmo instante que o aparecimento dos ratos nas imagens, mas em um momento posterior, quando os ratos desaparecem das imagens, novas hipóteses são necessárias para explicar o porquê dos ratos não fazerem barulho ao andarem pelo teto. Novamente duas hipóteses são apresentadas. O pai explica isto ao afirmar que os ratos de sua casa, especialmente aqueles, não fazem barulho ao andarem por ser intrínseco a eles.

Popper chama este tipo de hipótese de *ad hoc*. Essas hipóteses são dadas para explicar os fenômenos posteriormente ao seu conhecimento e que não se aplica a outros. Por assim serem, as hipóteses *ad hoc* não contribuem em nada com o conhecimento da natureza. O falseacionista proíbe procedimentos como esses nas atividades científicas e diz que a Ciência que temos não pôde ser construída dessa forma. Esta regra metodológica traduzida por Popper é um dos grandes cânones de sua forma de se pensar a Ciência.

Contudo, a mãe conjectura que a criança está sendo enganada pelos sentidos e afirma que o barulho é causado pelos ratos, mas não no teto. O barulho vem da parede.

Numa nova tentativa de falsear a nova hipótese, a criança aponta novos scaneres para as paredes com detectores sonoros mais avançados e analisa os dados em computadores mais potentes. Essas pesquisas revelam dutos nas paredes grandes o suficiente para passar ratos. E a análise conjunta das imagens das câmeras e dos dados dos sensores sonoros revela que o barulho não ocorre no teto, mas sim nos dutos nos momentos em que os ratos correm de volta por eles. E assim o estudo procede.

Para Popper a Ciência evolui por meio de tentativas e erros, da criação mental de conjecturas altamente audaciosas e que não foram falseadas. Neste sentido, o que compreendemos hoje como Ciência é o resultado da seleção de inúmeras idéias que conseguiram resistir a todas tentativas de falseação.

Assim, para um falsificacionista nunca é possível dizer que uma teoria é verdadeira, mas apenas que ela não foi falseada até o momento. Então, não há como dizer que uma teoria corresponde exatamente o que realmente acontece na natureza, mas apenas que ela pode descrevê-la da melhor forma até o momento. Nada garante a infalseabilidade futura das teorias. O barulho pode não ser causado pelos ratos, mas por um gato que pula no teto durante a

noite e corre atrás dos ratos através dos dutos e que, por impossibilidade técnica, não é detectado pelas câmeras sensíveis aos ratos.

Popper conclui que as teorias bem sucedidas, apesar de que são falseáveis, resistiram a todas as tentativas de falseação até o momento. Concluiu também que procedimentos *ad hoc* foram descartados imediatamente e que o desenvolvimento científico não permitiu que estes procedimentos existissem. As teorias científicas e a história das Ciências, numa perspectiva falseacionista, atendem estas regras metodológicas de maneira indistinta. Isto nos leva a concluir que a Ciência, para Popper, seque procedimentos lógicos que garantem o bom andamento da pesquisa científica.

Uma pequena análise do nascimento, e das bases principais, da Revolução Copernicana mostra que esta surge da retomada das idéias de antigos pensadores, como Filolau ou Aristarco de Samos, adaptando-as às necessidades da época. As novidades introduzidas por ela não nascem da observação de novos fatos, da falta de explicação de fatos antigos, nem de contradições internas à concepção ptolomaica, mas de uma reinterpretação dos fenômenos astronômicos bem conhecidos.

Portanto, a “nova” visão copernicana não é o resultado de um conflito entre duas teorias diferentes, entre a teoria e novas observações, contradições internas ou mesmo entre uma predição e uma observação. Nesse sentido, esta nova teoria não pode ser reconstruída racionalmente a partir do ponto de vista de Popper. Nos capítulos 3 e 4 veremos como Kuhn e Feyerabend se posicionam perante estas questões.

### 3. A EPISTEMOLOGIA DE KUHN

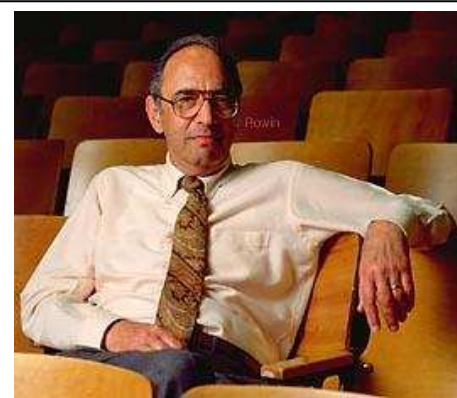


Figura 6- Thomas Samuel Kuhn

O progresso através de revoluções é a alternativa de Kuhn para o progresso cumulativo característico dos relatos indutivistas da Ciência. De acordo com este continuamente à medida que observações mais numerosas e mais variadas são feitas, possibilitando a formação de novos conceitos, o refinamento de velhos conceitos e a descoberta de novas relações lícitas entre eles. (CHALMERS, 1993, p. 135)

**Thomas Samuel Kuhn** nasceu no dia 8 de julho de 1922, nos Estados Unidos, e faleceu no dia 17 de junho de 1996. Estudou Física em Harvard concluindo o doutorado em 1949, e ao permanecer em nesta Universidade como professor ajudante de História da Ciência, Kuhn teve que ministrar um curso de Ciências para não cientistas. Pela primeira vez teve que utilizar exemplos históricos para explicar o progresso científico. Dessa experiência, Kuhn concluiu que a Ciência, numa perspectiva histórica, era muito diferente da apresentada nos textos de física ou mesmo nos de filosofia da Ciência.

Em 1956 começa a trabalhar na Universidade de Berkeley, onde a partir de 1961 ocupa a Cátedra de História da Ciência. Em 1964 ocupa a mesma Cátedra na Universidade de Princeton até 1979 quando se transfere para o Instituto de Tecnologia de Massachusetts, na Cátedra de Filosofia e História da Ciência.

Em seu primeiro livro, *A Revolução Copernicana*, publicado em 1957, Kuhn aborda a Astronomia e sua importância para o desenvolvimento do pensamento ocidental, e em 1961 publica seu segundo livro: *A função da medida na física moderna*. Mas, foi em 1962, com a publicação do livro *A Estrutura das Revoluções Científicas*, que Kuhn tornou-se conhecido não mais como um físico, mas como um intelectual voltado para a história e filosofia

da Ciência. Esse livro, mesmo não sendo um texto de filosofia, foi produzido para um público filosófico.

Em *A Estrutura das Revoluções Científicas* ao discutir sobre como ocorrem as mudanças epistemológicas dentro da comunidade científica, apresenta uma síntese, e ao mesmo tempo, um marco nas discussões sobre a História e a Filosofia da Ciência, e do controle social de sua construção. Para isso, Kuhn recorre a diversas disciplinas: História, Sociologia, Psicologia, Filosofia da linguagem, dentre outras, como ele mesmo afirma na introdução de seu livro: “(...) muitas de minhas generalizações dizem respeito à sociologia ou à Psicologia Social dos cientistas. (Kuhn, 2009, p. 27)

Nesse sentido,

É ambicioso o projeto Kuhniano: ir da história da Ciência para a epistemologia passando por generalizações sobre as condições psicossociais que tornam possível fazer Ciência. Daí conferir destaque à seguinte questão: é a comunidade especial que congrega os cientistas, que dá unidade mínima às atividades de seus praticantes ou é a existência de um método, ainda que tacitamente compartilhado, que gera a identidade peculiar dessa comunidade? Seu modo de respondê-la corresponde à busca dos pontos de interação entre as razões epistêmicas tradicionais e os fatores psicossociais que se fazem presentes no processo de reprodução da racionalidade científica. (Oliva, 1994, p. 68-69).

Kuhn argumenta que a Ciência compreende duas fases marcadamente diferentes: a Ciência normal e a Ciência revolucionária. A primeira representa a pesquisa baseada firmemente em uma ou mais realizações científicas reconhecidas pela comunidade científica, e proporcionam os fundamentos para a prática posterior. A segunda, a Ciência revolucionária, de acordo com o autor envolve mudanças conceituais profundas no corpo do conhecimento científico vigente. Esses saltos, passagens históricas que Kuhn denomina de *revoluções científicas*, ocorrem dentro de uma determinada comunidade e resultam na evolução ou no crescimento, com a consciência da restrição dos termos, do conhecimento em determinada área da Ciência.

Para explicar sua visão de Ciência, Kuhn dá ênfase ao caráter revolucionário do progresso científico mediante saltos e não numa linha histórica contínua. Nesse sentido, para explicar o crescimento de uma determinada área de conhecimento adota alguns conceitos como “paradigma”, “Ciência normal”, “anomalia” e “revolução” para sistematizar e melhor

esclarecer sua epistemologia. As concepções e as idéias de Thomas Kuhn a respeito da Ciência constituem um marco importante na perspectiva do desenvolvimento científico na medida em que se opõe a uma noção de Ciência explicativa, contínua e com caráter cumulativo normalmente apresentado em textos didáticos e passado durante a formação inicial dos cientistas ou pesquisadores.

O grande salto de Kuhn é tentar desenvolver a sua visão epistemológica utilizando como crivo a análise da história das Ciências e chegar à conclusão que o desenvolvimento científico não está desvinculado das condições históricas e, até mesmo, de influências pessoais, sociais e preconceitos dos próprios cientistas. O resultado dessa análise é a ênfase dada ao caráter revolucionário e descontínuo do próprio progresso científico: as Ciências e o conhecimento científico evoluem mediante saltos paradigmáticos e não numa linha contínua ou por acumulação simples de conhecimentos.

Kuhn nega que o desenvolvimento da Ciência tenha sido levado a efeito pelo ideal da refutação. Ao contrário, a Ciência progride pela tradição intelectual representada pelo paradigma, que é a visão de mundo expressa numa teoria. Nas fases chamadas “normais” da Ciência, o paradigma serve para auxiliar os cientistas na resolução dos seus problemas, e o progresso se faz por acumulação de descobertas. Mas há situações especiais de crises, quando o paradigma já não resolve uma série de anomalias acumuladas. Revoluções desse tipo foram operadas por Copérnico, Newton, Darwin, Einstein e Heisenberg.

Kuhn descreve a Ciência Normal como uma forma de dar respostas aos fenômenos a partir de um determinado paradigma, e que seja qual for o paradigma contém anomalias que em um dado momento levam ao fracasso dessa Ciência na explicação de algum problema. Este estado de crise só é resolvido quando surge um novo paradigma. A transição para um novo paradigma é o que Kuhn chama de “revolução científica”. Para ele os novos paradigmas nascem dos antigos e incorporam grande parte da linguagem do anterior sendo entre si incomensuráveis.

Um possível esquema fechado para o modelo kuhniano de Ciência é o seguinte:

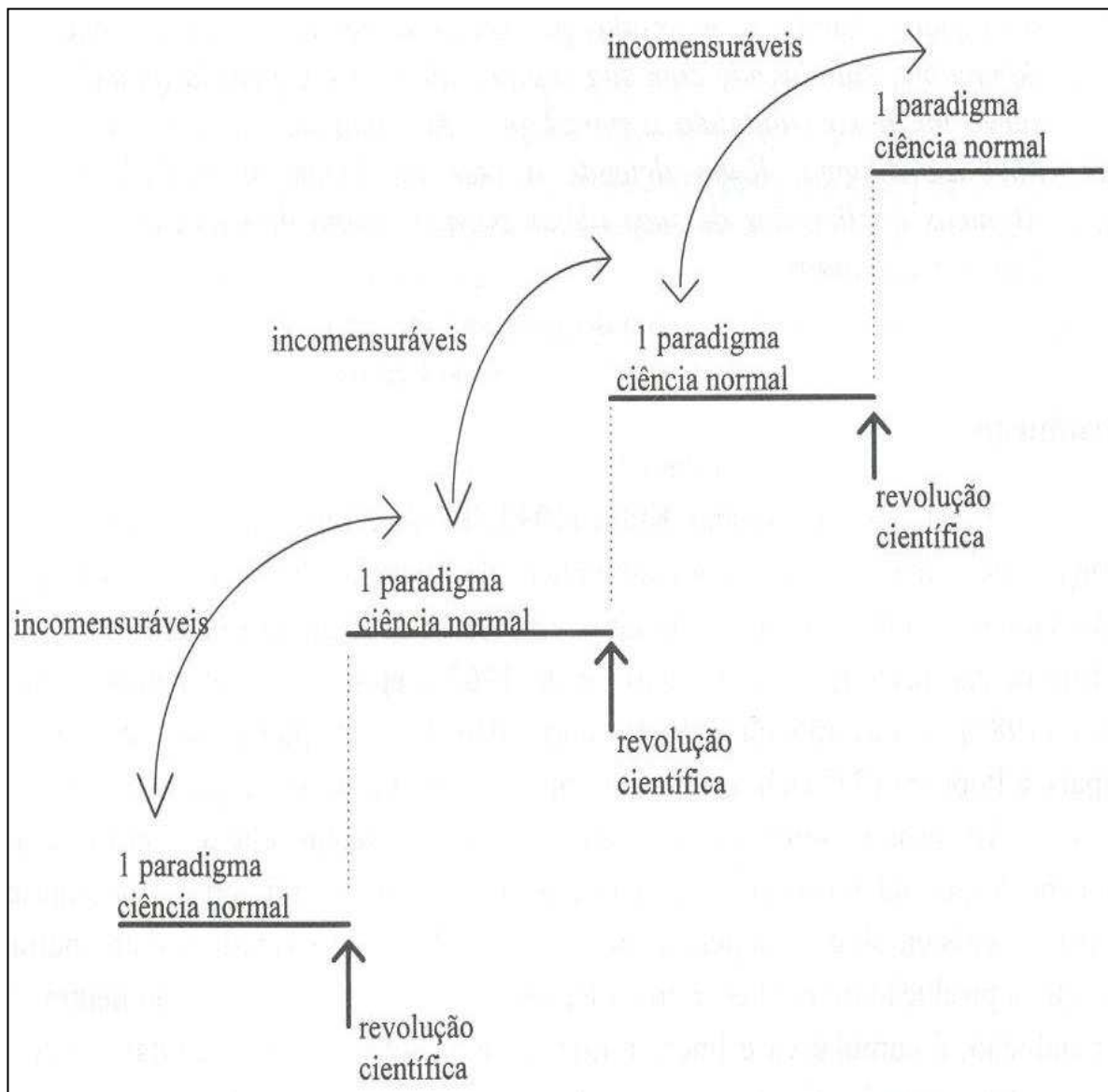


Figura 7- Esquema do modelo de Kuhn

Na seqüência vamos esclarecer um pouco estes termos/conceitos.

### 3.1 Pré-Ciência

Para Kuhn, a fase que precede a formação de uma Ciência é caracterizada por uma atividade diversa e desorganizada de seus pesquisadores onde não se estrutura nenhuma forma de conhecimento sistemático. Isso ocorre devido à falta de consenso entre os cientistas a respeito daquilo que estudam, em outras palavras, falta um *paradigma* que una as atividades científicas. Essa fase é chamada por Kuhn de “*pré-Ciência*”. Essa comunidade dispersa de pesquisadores se encontra em pequenas escolas

onde, em cada uma dessas, existem versões diferentes de teorias que buscam explicar os fenômenos.

Existem, então, quase tantas teorias quantos cientistas. Embora exista comunicação entre os pesquisadores, o resultado líquido das atividades desses é bem menos que poderíamos esperar de uma Ciência amadurecida e seus escritos se destinam ao público culto de formação geral, tendo um caráter informativo, o que difere muito dos materiais produzidos dentro de uma comunidade científica amadurecida, os quais apenas os iniciados têm acesso e compreensão.

Nesta fase, cada pesquisador que se sinta atraído pela pesquisa de uma determinada parte da natureza é forçado a construir seu campo de estudo desde os fundamentos e fazer todas as determinações que julgar necessário. Isto se deve à ausência de um comprometimento dos pesquisadores com um corpo de crenças e de conhecimentos comum que oriente suas atividades na investigação da natureza desde o início. Portanto, para este novato na investigação, as escolhas do que se observar, quais experimentos são ou não relevantes, entre outros elementos componentes da pesquisa ficam um tanto livre. (Kuhn, 2009, p. 33).

O consenso entre esses pesquisadores se torna mais complicado ainda quando levado em consideração que, na ausência de um corpo de crenças e conhecimentos comum, fatos que possivelmente pertencem ao desenvolvimento de uma Ciência têm a possibilidade de parecerem igualmente relevantes e que os mesmos fenômenos podem ser interpretados de formas distintas por vários pesquisadores. (Kuhn, 2009, p. 35)

A unificação ocorre quando surge uma teoria mais ampla e que seja mais vantajosa que as outras a ponto de chamar a atenção da maioria dos pesquisadores dessa comunidade e fazê-los largar suas versões. As divergências sobre os fenômenos diminuem em grau considerável, podendo desaparecer completamente, quando um indivíduo ou um grupo articula uma versão focando uma parte dos numerosos fenômenos que antes eram considerados importantes (Kuhn, 2009, p. 37). Esta versão articulada pode até não explicar todos os fenômenos com os quais pode ser confrontada, o que geralmente acontece (Kuhn, 2009, p. 38). A essa teoria que unifica as atividades e que norteia os cientistas, Kuhn chama de *paradigma*.

Posteriormente a esta instalação de uma versão paradigmática, as outras versões teóricas começam a sumir gradualmente devido, em parte, às conversões dos pesquisadores ao novo paradigma. Existem aqueles que não se aderem; seus trabalhos são ignorados ou se juntam a outros grupos, uma vez que a existência de um paradigma determina mais rigidamente o campo de estudo a atuação dos pesquisadores (Kuhn, 2009, p. 39-40). Após a consolidação desse paradigma, os cientistas se dedicam cada vez mais e mais intensamente a problemas específicos e com complexidade maiores na tentativa de lapidar a nova teoria, formando os limites e especificando uma Ciência e uma comunidade científica.

O período que sucede à instalação do paradigma é chamado de Ciência normal. Nesse período toda atividade científica vai ocorrer dentro desse paradigma, os pesquisadores buscam resolver e ajustar a teoria até o ponto onde o próprio paradigma permite visualizar os problemas científicos relevantes. Ocorre um crescimento muito grande do conhecimento nesta fase, os membros trabalham os desacordos da teoria com os fenômenos e estabelecem uma gama de conceitos que fundamentam a teoria e a própria pesquisa. Quando esses desacordos não se resolvem com a aplicação do paradigma, surge o que Kuhn chama de *anomalias*.

As anomalias colocam em crise a confiança que o grupo tem no paradigma e abre portas às novas interpretações da natureza que, por sua vez, também abre portas para um novo paradigma. A transposição de uma teoria para outra é a *revolução científica*, um processo na história de uma Ciência que desaprova o aspecto cumulativo do crescimento científico.

### **3.2 Paradigmas e Ciência Normal**

De acordo com Kuhn, não houve nenhum período desde a antiguidade mais remota até o fim do século XVII em que existisse uma opinião única, generalizada e aceita sobre natureza da luz. Em vez disso, havia numerosas escolas competidoras e todas reforçavam suas teorias com conjuntos particulares de fenômenos ópticos que lhes podiam justificar a sua teoria. O exemplo da óptica física citado pelo autor reforça sua idéia de que, em fase de pré-Ciência, o que caracteriza é uma constante discussão de fundamentos e

freqüentes desacordos entre escolas e pesquisadores. Isso somente acaba quando surge uma teoria que reúna em si as condições gerais para uma aceitação em massa pelo grupo científico: o *paradigma*. O período onde uma determinada Ciência é regida por um determinado paradigma é denominado por Kuhn como uma fase de “*Ciência Normal*”. A Ciência normal é a pesquisa baseada nos desenvolvimentos do passado que fornecem a base para o desenvolvimento posterior e que atrai uma grande quantidade de pesquisadores para os problemas que ainda se encontram em aberto (Kuhn, 2009, p. 29).

Para Kuhn um paradigma é o que os membros de uma comunidade científica compartilham e, reciprocamente, uma comunidade científica consiste em homens que compartilham um paradigma. Como a unificação de esforços em um grau maior para a investigação ordenada da natureza a partir de uma determinada comunidade científica somente inicia-se com o nascimento de um paradigma, a fase de Ciência normal, para Kuhn, é uma sinal de maturidade dessa comunidade (Kuhn, 2009, p. 30). Podemos citar um exemplo de paradigma a mecânica newtoniana, o sistema planetário de Ptolomeu, e muitos outros que norteiam as descrições da natureza e a pesquisa onde o paradigma atua.

Uma característica muito importante de um paradigma bem estabelecido em uma comunidade é a confiança que seus membros têm no poder de descrição da natureza que o paradigma oferece, de forma que um candidato a membro deve ter total domínio dessa teoria e participar juntamente com os outros do compartilhamento dessa certeza. Os livros e materiais que contêm a preparação e aperfeiçoamento de membros dessa comunidade são baseados no paradigma e se desdobram em suas conseqüências e em aplicações bem sucedidas.

Como a formação inicial desses pesquisadores se dá em um contexto onde a validade do paradigma em vigência não é de maneira alguma questionada, o pesquisador desenvolve uma altíssima confiança no paradigma a ponto de a situação assemelhar - se à própria religião, onde os membros do grupo devem crer na teoria mesmo sem nunca terem testado sua validade. As coisas fluem bem nesse hiato de tempo, o que não ocorre nos períodos de pré-Ciência e de crise.

Kuhn ressalta que a fase de Ciência normal é de extrema importância para o progresso da Ciência pelo fato de que os membros do grupo atacam os problemas mais relevantes para o paradigma, aumentando o número de problemas e aplicações no domínio do paradigma.

Os cientistas que trabalham em Ciência normal, que é a grande parte deles, são vistos como articuladores da teoria que se desdobram sobre determinados pontos problemáticos que não são resolvidos de imediato no momento da proposta da nova teoria, e essa atividade causa um acréscimo na especificidade da Ciência de tal forma que é impossível um cientista conhecer totalmente todas as aplicações e ramificações do seu próprio paradigma. Kuhn afirma que sem essa atividade tão empenhada dos cientistas em resolver os problemas do paradigma não existiria o avanço que os períodos de Ciência normal trás à compreensão dos fenômenos e que esses problemas são vistos sob a ótica do próprio paradigma, ou seja, os membros do grupo científico atacam somente os pontos que podem comprometer a evolução do paradigma ou que podem fazê-lo avançar.

Assim, até mesmo a seleção dos pontos de relevância se dá pela ótica do paradigma. Aqueles pontos que não se encontram no caminho a ser seguido são relevados, ou mesmo não são nem vistos pelo grupo. A firmeza com que a comunidade se apega à certeza da veracidade da teoria é tão grande que ela se permite construir aparelhos complexos e a executar experimentos cada vez mais esotéricos que permitam o melhor ajuste do paradigma com a natureza, atividades que sem a influência do paradigma não seriam jamais imaginadas. Para Kuhn os paradigmas condicionam as mentes a selecionarem os pontos mais importantes e os problemas que são relevantes para o desenvolvimento do paradigma. Problemas que não estão previstos na teoria ou que não dizem respeito à área de abrangência desta muitas vezes são ignorados ou não são nem vistos pela comunidade.

Neste sentido, o bom cientista é aquele que ataca esses problemas com grande facilidade e eficácia e que consegue resolvê-los dentro das regras e dos resultados razoáveis coerentes com o paradigma. Considerando a afirmação inicial desse parágrafo, esse trabalho de resolução de problemas indicados pela teoria, atividade que Kuhn denomina de “resolução de quebra-cabeças”, visa à melhor adaptação da teoria com a natureza.

Este período de Ciência normal que o estabelecimento do paradigma fornece assume um caráter acumulativo uma vez que ocorre a construção de instrumentos mais potentes e eficazes, se efetuam medições mais exatas, se desenvolvem melhores técnicas. Nada de procurar novidades. A característica mais marcante dos problemas que se enquadram dentro da atividade normal da Ciência é a de não quererem produzir novidades. Porém, em toda área científica onde existe Ciência normal é muito comum a existência de um grande grupo de cientistas trabalhando em determinados temas e produzindo um grande volume de informações e ajustando os dados com a teoria. Este grupo leva a precisão e o esoterismo das aplicações dos paradigmas a um ponto de profundidade tão grande que seria impossível imaginar uma atividade como essa e dessa natureza sem a orientação de um paradigma. Todavia, à medida que a amplitude do paradigma eleva-se, o número de pontos a serem resolvidos aumenta. Se um ou mais desses problemas resiste ao ataque e à aplicação da teoria, mesmo com a tentativa de uma grande quantidade de especialistas da comunidade de cientistas, configura-se, então, uma “anomalia”.

Kuhn garante que a consciência da anomalia permite o aparecimento de novos fenômenos e a possibilidade de descobertas científicas aos olhos dos cientistas. Uma consciência mais profunda da anomalia é pré-requisito para as mudanças de teorias, desde que a nova teoria, ao aparecer, proponha promessas inquestionáveis de sucesso. Alguns exemplos citados pelo autor ilustram esse caminho:

A Astronomia ptolomaica estava numa situação escandalosa, antes dos trabalhos de Copérnico. As contribuições de Galileu ao estudo do movimento estão estreitamente relacionadas com as dificuldades descobertas na teoria aristotélica pelos críticos escolásticos [...] A Termodinâmica nasceu da colisão de duas teorias físicas existentes no século XIX e a Mecânica Quântica de diversas dificuldades que rodeavam os calores específicos, o efeito fotoelétrico e a radiação de um corpo negro [...] Além disso, em todos esses casos, exceto no de Newton, a consciência da anomalia persistira por tanto tempo e penetrara tão profundamente na comunidade científica que é possível descrever os campos por ela afetados como em estado de crise crescente [...] (KUHN, 2009, p. 94-5)

Com relação ao sistema ptolomaico, fatores de ordem externa, além da consciência da anomalia e das tentativas infrutíferas no sentido de sua

eliminação, levaram, mesmo que lentamente, à instalação de uma crise e à mudança de paradigma. A título de exemplo, pode-se citar a pressão social para a reforma do calendário. Este foi um dos fatores externos que influenciou a substituição do modelo cosmológico geocêntrico de Ptolomeu, pelo modelo heliocêntrico de Copérnico. No entanto, os fatores de ordem externa, mesmo importantes, não são determinantes; no centro da crise está o fracasso técnico. Kuhn não faz uma análise profunda sobre as influências de fatores externos na mudança de paradigma e alega que essa discussão não está nos propósitos do seu trabalho.

Muitas das soluções dos problemas enfrentados pela pesquisa normal apareceram bem antes de sua adoção. Entretanto, foram ignoradas porque, no momento em que surgiram, a pesquisa normal não se encontrava em crise. Reforça-se o papel fundamental que a crise tem no desenvolvimento científico.

Um exemplo claro é o de Aristarco, no século três antes de Cristo. Aristarco antecipara o modelo cosmológico heliocêntrico. Entretanto foi ignorado, porque o modelo ptolomaico resolvia muito bem os problemas da época, que dependiam de uma concepção cosmológica. Não havia sentido considerar uma mudança de orientação.

Além de demonstrar a importância da crise, o exemplo de Aristarco reforça a característica funcional da contextualização do paradigma. Kuhn reforça a importância de não prescindir da atenção ao papel do contexto histórico ao se falar em desenvolvimento científico, declarando:

“[...] Afirma -se freqüentemente que se a Ciência grega tivesse sido menos dedutiva e menos dominada por dogmas, a Astronomia heliocêntrica, poderia ter iniciado seu desenvolvimento dezoito séculos antes. Mas isso equivale a ignorar todo o contexto histórico. Quando a sugestão de Aristarco foi feita, o sistema geocêntrico, que era muito mais razoável do que o heliocêntrico, não apresentava qualquer problema que pudesse ser solucionado por este último”. (KUHN, 2009, p.103-4)

Enfim, se uma anomalia torna-se insolúvel a toda forma de atuação da teoria, a situação se torna crítica e instala-se uma crise científica. Não são todas as anomalias que podem causar uma crise, veremos quais são as condições para isso.

### 3.3 Crises/Anomalias

As anomalias são aqueles problemas que não se ajustam à teoria, mesmo com a tentativa dos melhores membros do grupo e com diversas formas de abordagens paradigmáticas. Uma anomalia pode durar muito tempo, por vezes séculos, e, inicialmente, podem não serem vistas como um grande problema. Para Kuhn, talvez seja esse o motivo de muitos problemas científicos de uma determinada área passarem de geração a geração sem que incomodem o grupo. Para uma anomalia gerar uma crise dentro da comunidade científica ela não pode ser um simples problema, pois em qualquer paradigma existem dificuldades na adequação com a natureza. Os problemas de adequação, como veremos, são as razões da existência das atividades normais de pesquisa.

Kuhn não delimita exatamente os critérios para que uma anomalia dê origem a uma crise, mas ele cita algumas condições como: a explicitação das bases e generalizações do paradigma; das implicações práticas que a não resolução desse problema acarreta ou pode acarretar; o incômodo que esse problema pode trazer ao fluxo da atividade de Ciência normal; ou simplesmente o tempo que uma determinada questão fica em aberto. Em linhas gerais, se uma determinada anomalia se torna importante em um determinado grupo, instala-se uma crise. Normalmente, as anomalias se resolvem com uma articulação engenhosa do paradigma. Para isso a anomalia deve ameaçar os fundamentos do paradigma ao resistir a todas as tentativas empreendidas pela comunidade científica para removê-la uma vez existindo o esforço coletivo da comunidade para sua resolução e a coletiva concordância de sua importância (Kuhn, 2009, p. 113).

À medida que o número de anomalias cresce, já que as atenções se voltam para o problema, a crise torna-se cada vez mais grave. Em épocas de crise, evidenciadas pela existência de problemas em aberto, os cientistas aplicam mais intensamente as regras da Ciência normal, mesmo sabendo que elas não são absolutamente corretas e aplicáveis às anomalias. Persistindo as anomalias, os cientistas perdem a confiança no paradigma e isso se manifesta nas discussões filosóficas sobre fundamentos e métodos a que recorrem os cientistas que expressam descontentamento explícito (Kuhn, 2009, p. 120).

Muito fecundamente, surgem propostas de ajustes do paradigma com a anomalia, e essas novas e pequenas teorias podem resolver aquela determinada anomalia, mas, por sua vez, abrem portas a inúmeras outras. O nascimento de tentativas alternativas de se resolver o problema é um dos sintomas mais explícito de uma crise científica, em outro período de solidez do paradigma não existiria tentativas de resoluções alternativas (Kuhn, XXX, p. 98-9).

A gravidade dessa situação mostra que, nestas condições de crise, as regras de pesquisa normal se encontram não tão rígida como antes, conseqüência da desconfiança da comunidade de pesquisadores em relação ao paradigma (Kuhn, 2009, p. 115). Os problemas que as propostas alternativas deixam em aberto ocorrem, pois as teorias de ajuste atacam parte dos fundamentos do paradigma. A seriedade da crise aprofunda-se quando surge uma teoria que seja séria candidata a substituta paradigmática e que será muito diferente e até incompatível com a anterior.

Essa é a grande “facada” na comunidade científica, pois um paradigma rival pode não se basear no mesmo conjunto de fundamentos, e geralmente não se baseia. Uma vez que a transição de um paradigma não é um processo acumulativo, mas uma reconstrução do campo de investigação a partir de novos fundamentos, a comunidade científica tem que rever a sua posição com relação ao novo modo de ver a natureza. A principal conseqüência disso é que a tradição científica normal que surge dessa revolução é incompatível com a que existia anteriormente.

Para Kuhn, essas mudanças de paradigmas não podem ser consideradas como processos lineares, uma vez que a aceitação de uma nova teoria requer a reconstrução completa do campo de pesquisa e uma revisão das bases e princípios que antes eram considerados os mais sólidos (Kuhn, 2009, p.116).

### **3.4 As Revoluções Como Mudanças De Concepção De Mundo**

Kuhn trata as revoluções científicas, mudanças de paradigmas, ao nível de mudanças na forma como os pesquisadores ou a comunidade científica concebem o mundo, e não simplesmente como uma forma nova de interpretar as coisas, apenas reinterpretações teóricas. As afirmações feitas por ele a

respeito dessas análises nos levam a crer que os cientistas concebem a natureza por meio da ótica fornecida por seus paradigmas. Assim as interpretações de dados, concepção de experimentos e outras atividades da Ciência normal só fazem sentido dentro do conjunto de significados possíveis de um paradigma. Comunidades científicas que possuem paradigmas diferentes concebem seus objetos de estudo de forma diversas e de forma mais importante para a discussão feita, as comunidades científicas que deixam um paradigma e partem para outro não só mudaram sua forma de interpretar os dados, mas mudaram a forma de conceber o mundo e seus objetos de estudo.

O argumento é que as mudanças paradigmáticas não acarretam apenas divergências na forma da comunidade científica de interpretar a natureza ou os dados que ela coleta. As revoluções científicas causam efeitos de natureza distintas das reinterpretações: elas mudam o “mundo” em que suas pesquisas são feitas: (Kuhn, 2009, p. 158-9).

“O que ocorre durante uma revolução científica não é totalmente redutível a uma reinterpretação de dados estáveis e individuais. Em primeiro lugar, os dados não são inequivocamente estáveis. (...) Consequentemente, os dados que os cientistas coletam a partir desses diversos objetos são diferentes em si mesmo, como veremos em breve. Ainda mais importante, o processo pelo qual o indivíduo ou a comunidade levam a cabo a transição da queda constrangida para o pêndulo ou do ar desflogistizado para o oxigênio não se assemelha à interpretação” (Kuhn, 2009, p. 159)

Para um indivíduo que atravessa uma revolução científica e que se torna adepto ao novo paradigma, sua percepção do mundo tem que ser reformulada, ou seja, ele deve aprender a ver coisas completamente novas em situações que desde antes o cientista já estava familiarizado. Após essa adaptação, a visão de mundo se torna, em certos aspectos, incomensurável com o mundo pré-revolucionário.

Portanto, elementos teóricos que antes existiam no mundo do cientista passam a não existir após a adoção de um novo paradigma, problemas que antes tinham significados e conseqüências teóricas passam a não existir mais. Um exemplo que Kuhn utiliza que esclarece muito essas afirmações diz respeito às constatações de mudanças no céu antes e depois de Copérnico:

“... será possível conceber como acidental o fato de que os astrônomos somente tenham começado a ver mudanças nos céus – que anteriormente eram imutáveis – durante o meio século que se seguiu depois da apresentação do paradigma de Copérnico? Os chineses, cujas crenças cosmológicas não excluía as mudanças celestes, haviam registrado os aparecimentos de muitas novas estrelas nos céus numa época muito anterior. Igualmente, mesmo sem contar com a ajuda do telescópio, os chineses registraram de maneira sistemática o aparecimento de manchas solares séculos antes de terem sido vistas por Galileu e seus contemporâneos. As manchas solares e uma nova estrela não foram os únicos exemplos de mudanças a surgir no céu da Astronomia ocidental imediatamente depois de Copérnico. (...) A própria facilidade e rapidez com que os astrônomos viam novas coisas ao olhar para objetos antigos como velhos instrumentos pode fazer com que nos sintamos tentados a dizer que, após Copérnico, os astrônomos passaram a viver em um mundo diferente. De qualquer modo, suas pesquisas desenvolveram-se como se isto tivesse ocorrido (Kuhn, 2009, p. 153-4)”

A comunidade astronômica somente passou a observar mudanças no mesmo céu e utilizando os mesmos aparelhos e técnicas somente após a revolução produzida pela proposta de Copérnico. Como que essas mudanças ainda não haviam sido vistas? Como o Sol dos Chineses possuía manchas e o Sol dos astrônomos aristotélicos não possuía imperfeições? O autor denota que a existência da crença na imutabilidade das regiões supralunares dentro do paradigma aristotélico determinou que os céus que os astrônomos europeus estavam observando realmente não sofressem alterações e, dessa forma, constituía um universo particular dos astrônomos ligados a esta tradição.

Somos tentados a perguntar, então, como eram vistos o que astrônomos de outra tradição de pesquisa classificariam como mudanças nos céus que eram observados pelos astrônomos europeus. A resposta que o autor nos leva é de que mudança alguma era observada, nunca fora registrado aparecimento ou desaparecimento de estrelas. Quaisquer fenômenos mais recorrentes que fossem observadas no alto, como cometas e outros, eram considerados fenômenos atmosféricos que ocorriam nas regiões infralunares e não faziam parte dos céus.

A Astronomia e a cosmologia aristotélica, e diga-se delas muito bem elaboradas, ditavam como seria o universo dos astrônomos ligados aos conceitos de imutabilidade. Não nos cabe, portanto, dizer que o que se processou após o nascimento da Astronomia pós-copernicana foi simplesmente reinterpretações desses fenômenos, uma vez que a cosmologia

que vem através dos trabalhos de Copérnico parece abrir os olhos dos pesquisadores para as mudanças entre as estrelas e nos céus das esferas eternas.

### 3.5 Escolhas e defesas de Paradigmas

Portanto, resta questionarmos, assim como Kuhn faz, qual é o processo pelo qual um novo candidato a paradigma substitui seu antecessor. Juntamente com esse questionamento devemos compreender como os defensores de um novo paradigma procedem perante a sua comunidade científica para defenderem suas idéias e ganharem mais adeptos e como essa comunidade é capaz de abandonar uma tradição de pesquisa normal e aderir-se a outra (Kuhn, 2009, p. 185).

Para Kuhn, qualquer nova interpretação da natureza nasce na cabeça de um indivíduo ou nas idéias de vários pesquisadores que estejam envolvidos com áreas problemáticas do conhecimento. Para Kuhn existem duas características comuns aos envolvidos no processo de inovação: a primeira é que eles tiveram sua atenção concentrada sobre os problemas que provocaram a crise; e a segunda é que esses pesquisadores são tão jovens que a prática científica normal os afetou menos profundamente que o restante de sua comunidade (Kuhn, 2009, p. 185). Esta segunda característica nos mostra quão divergente é a inovação das antigas concepções paradigmáticas e nos antecipa que esta transição não é algo do tipo uniforme e suave, mas tem outra forma.

É necessário enfatizar, para a melhor compreensão das idéias de Kuhn, a contraposição desse processo em relação às idéias de Karl Popper e sua concepção falsificacionista. Para Kuhn, os critérios de falsificação absoluta de Popper, de uma idéia ou interpretação científica, historicamente não existem dentro da atividade científica:

“Na verdade, duvido muito de que essas últimas existam. Como já enfatizamos repetidas vezes, nenhuma teoria resolve todos os quebra-cabeças com os quais se defronta em um dado momento. Por sua vez, as soluções encontradas nem sempre são perfeitas. Ao contrário, é precisamente a inadequação incompleta e imperfeita entre a teoria e os dados que definem em qualquer momento muitos

dos quebra-cabeças que caracterizam a Ciência normal. Se todo e qualquer fracasso na tentativa de adaptar teoria e dados fosse motivo para rejeição de teorias, todas as teorias deveriam ser sempre rejeitadas” (Kuhn, 2009, p. 188)

A falsificação, embora possa ocorrer, não se dá por qualquer exemplo ou anomalia que leva o paradigma ao questionamento. Existem muito mais resistência e persistência da comunidade e do cientista do que as necessárias para serem vencidos por uma inadequação da teoria com os fatos.

“Ao menos para o historiador, tem pouco sentido sugerir que a verificação consiste em estabelecer o acordo do fato com a teoria. Todas as teorias historicamente significativas concordaram com os fatos de uma forma relativa. Não podemos dar uma resposta mais precisa que essa à questão que pergunta se e em que medida uma teoria individual se adéqua aos fatos (Kuhn, 2009, p. 189)”

Para Kuhn, este questionamento absorve algum sentido quando existe competição entre paradigmas e estes são tomados aos pares ou em conjunto e analisados a partir de questionamentos como este. Dessa forma, faz muito sentido perguntar qual teoria se adéqua melhor aos fatos e à natureza, numa tentativa de encontrar uma resposta relativa.

Porém, Kuhn prossegue suas idéias dizendo que, da forma que elas foram formuladas, a escolha da comunidade científica aparenta se der por uma forma mais objetiva do que realmente é. Bastaria, então, adotar procedimentos para “medir” a adequação dos paradigmas com os fatos e posteriormente concluir qual dos paradigmas em competição se mostra mais adaptado.

Entretanto, não é bem assim que ocorre, pois não há “... apenas um conjunto de problemas científicos, um único mundo pelo que ocupar-se deles e um único conjunto de padrões de concepções científicas para sua solução”. Estas condições nunca são satisfeitas, pois

“... aqueles que propõem os paradigmas em competição estão sempre em desentendimento, mesmo que em pequena escala. Nenhuma das partes aceitará todos os pressupostos não-empíricos de que os adversários necessitam para defender sua posição” (Kuhn, 2009, p. 189)

Portanto, no caso da discussão entre paradigmas, o que se pode ter é a esperança de que a comunidade rival se converta, para usar a palavra que

Kuhn utiliza inúmeras vezes, a uma nova maneira de ver o mundo. O que não se pode ter é a esperança de demonstrar a sua posição, uma vez que “a competição entre paradigmas não é o tipo de batalha que possa ser resolvido por meio de provas” (Kuhn, 2009, p. 190).

Devido estas características das discussões nos períodos de crise, não há como ter parâmetros objetivos e racionais para se aplicar na disputa entre dois paradigmas como caminho para concluir qual dos dois está com a razão quanto à interpretação dos fatos, pois não há como falar em provas irrefutáveis que possam ser apresentadas aos componentes do outro grupo de cientistas. Posteriormente veremos quais outras estratégias podem ser usadas na tentativa de conversão de não adeptos ao novo paradigma.

Quando da existência de discussões entre dois grupos de pesquisadores sobre a validade e a superioridade de seus paradigmas, a tentativa de se estabelecer um contato e uma tradução entre pontos de divergência necessariamente fracassa. Kuhn estabelece três motivos para isto.

O primeiro é que estes pesquisadores não concordam quanto à lista de problemas que seus paradigmas devem ou não resolver. Por serem visões diferentes de mundo os padrões científicos, a importância dada aos fenômenos e mesmo aos dados não são necessariamente os mesmos e, assim, os grupos não concordam quanto quais dessas questões merecem atenção.

O segundo motivo é que um novo paradigma nasce de uma atividade tradicional de pesquisa e, portanto, assume dela por herança termos e conceitos que já eram usados. Porém, raramente este empréstimo se dá de maneira que os termos tomados sejam utilizados da forma tradicional. Normalmente o que ocorre é uma reconceitualização e uma resignificação dos termos e conceitos (Kuhn, 2009, p. 190-1). Por esta razão, Kuhn afirma que existe um “mal-entendido” entre os defensores de diferentes paradigmas. O autor esclarece que:

“A comunicação através da linha divisória revolucionária é inevitavelmente parcial. Consideremos, por exemplo, aqueles que chamaram Copérnico de louco porque este proclamou que a Terra se movia. Não estavam nem pouco, nem completamente errados. Parte do que entendiam pela expressão ‘Terra’ referia-se a uma posição fixa. Tal Terra, pelo menos, não podia mover-se. Do mesmo modo, a inovação de Copérnico não consistiu simplesmente em movimentar a Terra. Era antes uma maneira completamente nova de

encarar os problemas da física e da Astronomia, que necessariamente modificava os sentidos das expressões ‘Terra’ e ‘movimento’” (Kuhn, 2009, p. 191-2).

O terceiro motivo do fracasso na tentativa de comunicação entre os paradigmas, e o mais fundamental, é que “os proponentes dos paradigmas competidores praticam seus ofícios em mundos diferentes” (Kuhn, 2009, p. 192)

Isto significa que as coisas dos quais se falam não possuem os mesmos significados para os cientistas que abraçam paradigmas diferentes. Podem até usar os mesmos termos, porém não falam a mesma coisa, do mesmo significado. No mundo de um, determinados fenômenos são importantes, para outro estes fenômenos, ou não são relevantes, ou nem mesmo existem. Certos problemas comprometem o paradigma rival, para outro grupo, estes problemas nem fazem parte do seu campo de estudo. Essa característica de distinção entre os mundos impostos por diferentes paradigmas é denominada por Kuhn de incomensurabilidade. Existindo um determinado indivíduo que passe de um paradigma a outro, que experimente essa conversão, a mudança na visão de mundo que ele se submete:

“... não pode ser feita passo a passo, por imposição lógica e de experiências neutras. Tal como a mudança da forma (gestalt) visual, a transição deve ocorrer subitamente (embora não necessariamente no mesmo instante) ou então não ocorre jamais” (Kuhn, 2009, p. 192)

Como ocorre, no indivíduo, essa transição paradigmática? Thomas Kuhn diz que em alguns casos essa mudança simplesmente não acontece. O pesquisador mais experiente, mais comprometido com o antigo paradigma geralmente resiste às mudanças paradigmáticas frente às anomalias. Isto se dá por causa da confiança do cientista que em um determinado momento a natureza se enquadrará na estrutura imposta pelo paradigma e conseguirá resolver as anomalias existentes. O autor comenta que no passado este fato era interpretado como índice da humanidade dos cientistas, que nem sempre admitem seus erros, mesmos quando defrontado com provas rigorosas. Porém, ele continua dizendo que:

“ao invés disso, (ele) argumentaria que em tais assuntos nem prova nem erro estão em questão. A transferência de adesão de um paradigma a outro é uma experiência de conversão que não pode ser forçada” (Kuhn, 2009, p. 193-4)

Embora, estas experiências de conversão não possam ser justificadas por meio de provas, Kuhn diz que existem argumentos relevantes para isso e que os cientistas podem ser persuadidos a mudarem de idéia. Tanto é que a comunidade científica tem mudado de paradigma seguidamente. Ressalta ainda que por vezes seja preciso uma geração inteira para que isso ocorra, sobretudo com a morte dos oponentes tradicionais mais velhos. Daí surge um questionamento fundamental: de que forma se produz esta conversão?

“(esta) questão é nova, precisamente porque se refere a técnicas de persuasão ou argumentos e contra-argumentos em uma situação onde não pode haver provas, exigindo precisamente por isso uma espécie de estudo que ainda não foi empreendido” (Kuhn, 2009, p. 194)

Nesta citação onde Kuhn explica sua compreensão de como se produz a “conversão” como sendo uma questão nova “*precisamente porque se refere a técnicas de persuasão ou argumentos e contra-argumentos*”, se aproxima do pensamento de Feyerabend, principalmente quando faz seus comentários a respeito de Galileu. Como veremos posteriormente, para este teórico, Galileu realiza um trabalho de argumentação e persuasão interessantíssimo que está fora da descrição tradicional das atividades de um cientista. Mesmo Copérnico usa dessas táticas para defender seu sistema heliocêntrico e Feyerabend faz essa análise ao contrapor-se às concepções falsificacionistas de progresso da Ciência e de delimitações das ações que devem ser classificadas como científicas. Uma boa parte da razão de ter buscado conciliar os pensamentos de Kuhn e Feyerabend neste trabalho está nesta parte do texto.

O resultado da análise de como a persuasão e a argumentação é importante para o indivíduo no processo de conversão a um novo paradigma se soma às concepções de os motivos que pesam na escolha não serem únicos ou uniformes, mas serem variados e por vezes indeterminados

“Cientistas individuais abraçam um novo paradigma por toda uma sorte de razões e normalmente por várias delas ao mesmo tempo. Algumas dessas razões – por exemplo, a adoração do Sol que ajudou a fazer de Kepler um copernicano – encontram-se inteiramente fora da esfera aparente da Ciência. Outros cientistas dependem de idiossincrasias de natureza auto bibliográfica ou relativas a sua personalidade. Mesmo a nacionalidade ou a reputação prévia do inovador e seus mestres podem desempenhar algumas vezes um papel significativo” (Kuhn, 2009, p. 195).

É interessante ressaltar a defesa que Kuhn faz da existência de fatores “*fora da esfera aparente da Ciência*”. Estes fatores, que não podem ser explicitados em todos os casos, são pesos fundamentais nas escolhas paradigmáticas dos cientistas e não se constituem argumentos racionais dentro das discussões entre os grupos. E nem podemos dizer que os fatores que pesam na preferência de um determinado pesquisador serão os mesmo que pesarão nas escolhas de outro. Essas razões de escolhas individuais, portanto, nos força a compreender que as teorias científicas não se desvinculam de outras partes subjetivas do cientista e estão intimamente relacionadas com as preferências pessoais e outras crenças íntimas do pesquisador.

Para além desses fatores tão subjetivos quanto às influências para a escolha paradigmática, o autor analisa outros argumentos relevantes que pode fazer a balança pender para o lado de certa teoria. O primeiro deles é o de que o novo candidato a paradigma pode resolver as anomalias que levaram à crise. Quando realmente o novo paradigma possui uma precisão quantitativa maior que o seu concorrente tradicional, este argumento se torna o mais relevante e eficaz para o debate. Contudo, a alegação de ter resolvido os problemas que provocaram crises raras vezes é suficiente por si mesma.

O autor continua exemplificando que “na verdade, a teoria de Copérnico não era mais precisa que a de Ptolomeu e não conduziu imediatamente a nenhum aperfeiçoamento do calendário” (Kuhn, 2009, p. 196)

Assim, a proposta de um novo paradigma a partir de uma pesquisa nem sempre resultará nas resoluções dos problemas que levaram à crise. Dessa forma, para melhor embasar sua proposta a comunidade que defende o paradigma candidato busca novas evidências em outras áreas de estudo que podem ou não trazer contribuições. Citando novamente o exemplo da revolução copernicana:

“A teoria de Copérnico, por exemplo, sugeria que os planetas deveriam ser como a Terra, que Vênus deveria apresentar fases e que o universo necessariamente seria muito maior do que até então se supunha. Em conseqüências disso, quando, sessenta anos após sua morte, o telescópio exibiu repentinamente as montanhas da Lua, as fases de Vênus e um número muito grande de estrelas de cuja existência não se suspeitava, numerosos adeptos, especialmente entre os não-astrônomos, foram conquistados para a nova teoria por tais observações” (Kuhn, 2009, p.197)

Fenômenos observados de outras áreas de estudo servem como fontes de argumentos para justificar e persuadir em favor do novo paradigma e trazem força por serem particularmente importantes. Muitas vezes esses argumentos são muito bem explorados por adeptos que possuem a arte da retórica e habilidade com o propagandismo, o que constitui o segundo dos argumentos relevantes na disputa paradigmática. Kuhn esclarece que as atividades de propagandismo e proselitismo exigiriam muito mais análises, o que não é feito no *A estrutura*. Contudo, uma melhor abordagem desse tema de central importância será feita posteriormente, quando olharmos atentamente para os trabalhos de Galileu como um dos defensores e disseminadores do copernicanismo.

De forma legítima, a comunidade tradicional pode argumentar que o paradigma candidato é pouco superior, ou mesmo não o é, ao seu rival. Que embora ele consiga explicar determinados fenômenos e revelar algumas regularidades, não se pode dizer indubitavelmente que é superior e capaz de tomar o lugar do antigo paradigma. A comunidade tradicional se sente no direito de advogar isto uma vez que ela pode apontar problemas dentro da área da crise que o novo candidato não resolveu, ou nem mesmo considerou como problema. A situação de debate se torna tão característica que “Mesmo na área da crise, o equilíbrio entre argumento e contra-argumento pode algumas vezes ser bastante grande. E fora do setor problemático, com frequência a balança penderá para a tradição” (Kuhn, 2009, p. 200)

Mesmo sem desenvolver a idéia implícita no exemplo citado, Kuhn toca novamente no caso dos trabalhos de Copérnico ao dizer que “Copérnico destruiu uma explicação do movimento terrestre aceita há muito, sem, contudo substituí-la por outra.”.

Essa substituição da Astronomia aristotélica pela copernicana, que posteriormente exige a substituição de toda a física de Aristóteles e sua cosmologia, não foi, para Kuhn, uma troca muito positiva por não representar exatamente uma troca. Na verdade, a cosmologia e a física aristotélica não foram substituídas por teorias com equivalência em significados e explicações, causando uma vacância significativa nas formulações e descrições do Universo. De forma que o autor conclui que, caso um novo candidato a paradigma tivesse que ser julgado por sua habilidade ou capacidade de resolver problemas abertos e dar novas explicações satisfatórias, não existiriam tão facilmente as revoluções.

O processo de revolução científica é, nesse sentido, um processo de mudanças repentinas de paradigmas e o que muda é a forma como o cientista olha o mundo, a forma como ele concebe a natureza. O nascimento de uma nova teoria determina uma nova tradição científica que vai guiar de forma diferente os cientistas, determinando quais problemas serão legítimos ou não. Mas como, então, se passa de um paradigma a outro? De que forma os cientistas aceitam o novo paradigma?

Kuhn descreve essa transição como sendo uma espécie de “conversão” do cientista a nível individual. Não existe nenhum argumento lógico inicialmente que possa determinar se uma teoria é superior a outra, e dessa forma, obrigue o cientista a adotar uma ou outra. O que há é um conjunto de fatores que encontram envolvidos no julgamento que o cientista faz dos méritos de uma teoria, e esses fatores podem ter a ver com crenças, cultura, fatores psicológicos, etc.

As adesões individuais que ocorrem logo no início da proposta de uma nova teoria são de fundamental importância para sua sobrevivência. São esses pesquisadores que irão apregoar as novas leis e construir estratégias, mesmo que não sejam somente atividades classificadas como científicas, para que o restante dos membros do grupo possa entrar em contato com o novo paradigma e tenham possibilidade de converterem-se à nova tradição.

Não se pode dizer que a transição é totalmente racional e completamente científica. Se por um lado um astrônomo pode se sentir atraído pela simplicidade do sistema Heliocêntrico de Copérnico, outro pode rejeitá-lo por motivos religiosos. Não há nenhum argumento ou condição lógica que

por si só dê conta de justificar a opção individual de um pesquisador de uma teoria ou outra, embora fatores como a exatidão da predição, particularmente a predição quantitativa, possam ser importantes para que existam as escolhas.

### **3.6 Não-Racionalidade na Revolução Copernicana – Análise Kuhniana**

Uma vez que estamos interessados em compreender como os autores enxergam a Revolução Copernicana e como suas opiniões e anatomias desses episódios coincidem em determinados pontos, considero necessário atentarmos e fazermos uma análise das partes essenciais e das partes que nos interessam dos trabalhos dos dois autores sobre a Revolução. Porém, para que esta análise seja satisfatória e compreensível, temos que recompor aqui a descrição desses teóricos sobre a Revolução Copernicana e sobre o contexto maior que a permeava partindo, posteriormente, para uma discussão mais profunda de suas análises.

Desde já sinto dificuldade em fazer isto, uma vez que me parece inseparável o que estes autores fazem de suas idéias e opiniões formadas a partir delas. Em termos práticos, isto significa que as próximas páginas serão uma revisão histórica onde, dentre muitas coisas, o autor discute de uma forma muito interessante a transição da Astronomia ptolomaica para a copernicana e suas repercussões e características. Tento reconstruir, baseado nos textos de Kuhn, o contexto que rodeava a Revolução Copernicana para podermos melhor compreender a transição ou a Revolução nos aspectos que quero ressaltar neste trabalho.

#### **3.6.1 O Universo Aristotélico**

Já na época de Aristóteles, no século IV a.C., o mundo antigo havia formulado uma cosmologia que não apenas atuava em campos da Astronomia, mas também assumia funções essenciais em outras áreas. Apesar do que sugere o título dessa seção, o Universo Aristotélico não foi invenção apenas de Aristóteles, mas é com ele que este universo ganha valores que vão muito além daqueles que os astrônomos necessitam para descrever os céus. O Universo desse filósofo é altamente lógico, coerente, explicativo e bem

elaborado e não constitui apenas uma descrição desvalorizada dos céus, mas também confere sentido até mesmo aos fenômenos terrestres.

Para Aristóteles, o Universo estava contido todo em uma esfera de estrelas – numa região interna à superfície externa de uma casca esférica das estrelas. No interior dessa casca, ou seja, o próprio universo, não pode existir vazio. Em todos os pontos existe algum tipo matéria. A matéria e o espaço não são coisas separáveis. Com esta concepção de matéria e de espaço, Aristóteles consegue limitar o seu universo sem que deixe para trás inconsistência ou incoerências.

“Está claro, portanto... que não há, nem os fatos permitem que haja qualquer massa ou corpo além do céu. O mundo no seu todo é constituído pela soma total da matéria disponível e podemos concluir que agora não existe uma pluralidade de mundos, nem nunca houve nem poderia haver. Este mundo é só um, solitário e completo. Também está claro que não há nem locais nem vazios... para além do céu; pois em todos os lugares há possibilidade da presença de um corpo, e o vazio é definido com sendo aquilo, embora no presente não contenha corpos, os pode conter...” (KUHN, 1957, p. 96)

Não questionamos, então, o que existe fora do universo aristotélico. Mas existe uma caracterização muito pormenorizada do interior do universo aristotélico. Desde os pontos mais afastados do Universo até a superfície interna da esfera lunar, a esfera mais interna, existe o éter, o elemento celeste. O éter, sólido cristalino, é o material constituinte dos corpos celestes e que também formava as esferas universais cristalinas. Na contra mão dos elementos terrestres, que apenas se encontra em regiões sublunares, o éter é puro, transparente, eterno e sem peso. As esferas cristalinas do universo de Aristóteles, uma em contado com as outras, se movimentavam e o movimento de uma era transmitido para outra. O universo aristotélico era uma grande máquina, cujo movimento era determinado por Deus à esfera das estrelas e, por sua vez era transmitido, pelo roçar entre as esferas, até a esfera lunar (KUHN, 1957, p. 97).

Algumas vezes, ao longo da história, a existência real das esferas cristalinas de Aristóteles foi colocada em questão. Muitos astrônomos, até mesmo Ptolomeu, não citam em seus trabalhos a existência real dessas esferas, mas alguns aparentam ter ao menos uma convicção metafórica da

existência. Contudo, o sistema das esferas cristalinas de Aristóteles explicava muito bem os movimentos das estrelas, Sol e Lua. Caso ignorássemos os movimentos irregulares dos planetas, as esferas atribuídas a cada um dos planetas forneceriam suporte para seus movimentos médios. Os movimentos retrógrados e outras irregularidades dos movimentos dos planetas seriam conciliados com os movimentos secundários que cada planeta faria dentro de sua própria esfera – epiciclos, deferentes e equantes. Esta atividade de conciliação da teoria com a observação relegada aos astrônomos matemáticos que pouco se preocupavam com os motivos ou explicação desses movimentos.

A relação que cada esfera guardava com sua vizinha externa permitiu que os astrônomos calculassem os tamanhos relativos de cada uma delas e também o tamanho da região sublunar em relação ao todo. A conclusão da pequenez desta região não a tornava menos importante por ser a morada do homem. Mas existia uma grande diferença entre a constituição das coisas aqui em relação aos céus.

A região sublunar não se constitui apenas por um elemento, mas por quatro elementos, tendo sua distribuição celeste, tão simplesmente prevista na teoria, mas na realidade muito complexa. Esses quatro elementos; a terra, o ar, a água e o fogo teriam também seus locais naturais: o fogo, mais leve, logo abaixo da esfera lunar; a terra, a mais pesada, se encontraria mais próxima possível do centro da Terra; a água se localizaria acima da terra e o ar ocuparia todo o restante do espaço.

Caso a região sublunar fosse deixada entregue a si mesma, os quatro elementos se organizariam de forma a se postarem somente nas regiões devidas. Mas a região terrestre é sempre perturbada pelos movimentos das esferas superiores, daí surge a explicação para o fato de os elementos nunca serem vistos em sua forma pura, mas sempre em misturas com os outros elementos. No entanto, os elementos predominam em seus locais naturais. As perturbações das regiões terrestres oriundas das regiões celestes são a causa de toda a mudança e variedade de objetos que existem na Terra. Para cada objeto terrestre existe uma proporção diferente dos quatro elementos, o que nos fornece toda a variedade de substâncias terrestres. (KUHN, 1957, p. 99-100)

### 3.6.2 As Leis Aristotélicas do Movimento.

Os quatro elementos e seus lugares naturais na região terrestre fazem “nascer” naturalmente as leis do movimento que também estão ligadas aos conceitos de constituição dos corpos. De fato, para Aristóteles os corpos poderiam sofrer dois tipos de movimentos: os naturais e os forçados. Os naturais estão ligados aos movimentos que os corpos realizam para se posicionarem nos seus locais naturais.

Uma pedra que é retirada da superfície da Terra resiste a este movimento, mas ao soltá-la, a pedra tenderá a voltar para seu local natural, a posição mais próxima possível do centro da Terra. As chamas sobem rapidamente em noites claras, pois buscam os céus. Os movimentos forçados são os causados por entes externos e normalmente tendem a desorganizar a distribuição desses elementos. Portanto, há sempre resistência a estes movimentos

Thomas Kuhn pontua que as leis do movimento de Aristóteles reforçam a Terra central e estável. É a partir delas que ele também deduz a esfericidade da Terra. Portanto, no mundo aristotélico, a Astronomia e a física terrestre não são Ciências separáveis e os conceitos que servem para explicar os movimentos das coisas da Terra, tão bem amarrados e concatenados, servem também para corroborar com os argumentos astronômicos de uma Terra central e estável. O próprio Ptolomeu referia-se à possibilidade de uma Terra móvel como sendo “ridícula”:

“Alguns pensadores, embora nada tenham opor às teses citadas, planejaram um esquema que consideram mais aceitável, e pensam que nenhuma prova pode ser apresentada contra eles se sugerirem, tendo em vista a argumentação, que o céu não tem movimento, mas que a Terra roda sobre um eixo próprio, de oeste para leste, completando uma revolução aproximadamente. em cada dia...

Estas pessoas esqueceram-se, contudo que embora, no se diz respeito ao mundo das estrelas, possa não haver objeção a esta teoria... no entanto, avaliando pelas condições terrestres que nos afetam e àqueles no ar por cima de nós, tal hipótese pode parecer bastante ridícula... (Se a Terra) fez num tão pequeno espaço de tempo um regresso tão colossal à mesma posição... tudo que estiver sobre a Terra deve ter parecido fazer o mesmo movimento, sempre no sentido contrário ao da Terra, e as nuvens e todas as coisas que voem ou possam ser atiradas nunca serão vistas a deslocar-se para leste, porque a Terra se antecipará a elas e adiantará o seu

movimento para leste, de modo que tudo o mais parecerá retroceder para oeste, assim como partes que a Terra deixasse atrás de si”. (KUHN, 1957, p. 103)

A essência desse argumento é o mesmo argumento de Aristóteles e muitos outros argumentos como estes foram produzidos ao longo da idade média. A tradição física que nasce da concepção aristotélica do movimento acaba deixando os copernicanos em “saídas justas” quando se deparam com a tarefa de justificar sua teoria fisicamente. Os movimentos naturais para cima ou para baixo dos corpos terrestres refletem as estruturas intrínsecas e a simetria do universo. Os defensores de uma Terra móvel precisarão inventar uma nova física para apoiar sua Astronomia. Até que isto seja completamente feito, as explicações físicas e astronômicas de Aristóteles inibirão a imaginação astronômica. (KUHN, 1957, p. 104)

### 3.6.3 O Universo pleno de Aristóteles

O conceito de universo pleno para Aristóteles é um dos exemplos mais nítidos de como a estrutura da construção teórica aristotélica vincula seus diversos tipos de conhecimento e os seus diversos graus. Esta noção da plenitude também pode ser traduzida como a aversão que a natureza tem ao vácuo, ou simplesmente o *“horror ao vácuo”*. Ou seja, a natureza se comporta sempre de maneira a evitar o vácuo.

Os antigos gregos utilizaram este princípio muito bem e a partir deles surgiu grande parte das explicações de fenômenos cotidianos de uma gama imensa de variedades de assuntos. A água só sai de uma garrafa caso haja um meio para a entrada do ar, não fosse assim a água deixaria uma região de vácuo atrás de si. Muitas outras máquinas simples tinham como fundamento esse princípio e os gregos usaram-no para explicar outros efeitos como a aderência. A força dessa concepção tão natural advém do fato de que:

“A base experimental do princípio não podia ser contestada. Abordagens convincentes do vácuo não podem ser produzidas na terra sem instrumentos que os gregos não conheciam. Não havia fenômenos pneumáticos para contestar o princípio até que, com o desenvolvimento em larga escala da exploração de minas em profundidade durante o século XVI, foi descoberto que as bombas não levantariam água a uma altura maior que nove metros. Rejeitar

o ‘horror ao vácuo’ significava destruir uma explicação científica inteiramente satisfatória para um grande conjunto de fenômenos terrestres” (KUHN, 1957, p. 105)

Mas o horror ao vácuo não significava apenas um princípio prático bem sucedido experimentalmente. Ele também entra para a própria cosmologia de Aristóteles como um dos baluartes de seu universo. Não existe, com isso, espaço separadamente da matéria, algo que contém ou serve de substrato para a matéria. Só faz sentido falar em espaço e matéria ao mesmo tempo. Daí surge o universo finito de Aristóteles, pois:

“... a impossibilidade de um vazio é a base de um universo finito. Para lá de esfera das estrelas não existem nem espaço nem matéria – absolutamente nada. Sem um conceito que unisse indissolivelmente a matéria e o espaço os aristotélicos seriam forçados a admitir a infinidade do universo. A matéria pode ser limitada pelo vazio e o vazio pode, por sua vez, ser limitado pela matéria, mas não pode haver um fim, uma última fronteira em que o universo termine uma vez por todas.” (KUHN, 1957, p. 106)

Mas o universo aristotélico não pode ser infinito por duas razões fundamentais. A primeira diz respeito aos “*lugares naturais*” e às “*direções preferenciais*” do universo. Um universo infinito não pode ter um centro, todos os pontos estão na mesma situação e não há preferência entre eles. Portanto, não há como falar em centro para onde o elemento terra deveria se alocar e, assim também não podemos falar em centralidade da Terra. Não há lugar natural dos quatro elementos, não há o “para cima” ou ao “para baixo” e não tem significado a concepção de movimento natural dos corpos.

A centralidade da Terra, as direções preferenciais do universo, os lugares naturais dos elementos e as leis do movimento somente têm sentido dentro de um universo finito. A segunda razão está vinculada à conclusão de que, num universo infinito, não devemos imaginar necessariamente toda a quantidade de matéria terrestre concentrada em um mesmo ponto do universo. Devem existir, assim, outros lugares no universo onde também existam terra, água, ar e fogo. Podem existir plantas, animais e outros seres vivos nestes locais. Por assim conceber, não devemos ter a Terra como única: o Universo é um lugar de pluralidade de mundos e o homem e a Terra não estão mais no centro do universo. (KUHN, 1957, p. 106)

O universo pleno de Aristóteles está ligado às outras faces do universo aristotélico de uma forma muito bem coerente. Tanto é que Copérnico tentou remontar seus traços principais:

“Mas, ao atribuir à Terra um movimento axial, tornou imóvel a esfera das estrelas, destituindo-a da função física. E ao dar à Terra um movimento orbital tornou necessário um grande aumento do tamanho da esfera. A cosmologia de Copérnico tirou, assim, à matéria interplanetária muitas das funções essenciais aristotélicas e simultaneamente exigiu que existisse muito mais que isso. Os seus sucessores cedo fraturaram a esfera agora inútil, espalharam as estrelas por todo o espaço, admitiram um vácuo ou qualquer coisa parecida entre elas e sonharam com outros mundos habitados por outros homens nos imensos espaços, para além do nosso sistema solar. Mesmo o princípio terrestre do horror ao vácuo não sobreviveu por muito tempo. No novo universo era muito mais fácil reconhecer que os mineiros práticos tinham estado, durante um século, a produzir vácuo terrestre no topo das muito compridas bombas de água. A pressão de ar em breve substituiu o vácuo nas concepções pneumáticas do século XVII” (KUHN, 1957, p. 107)

#### 3.6.4 A majestade dos céus

O céu aristotélico não era simplesmente uma região onde reinava o éter, ele era uma região carregada de muitos valores que o diferenciava das regiões terrestres. A comparação das efemeridades dos acontecimentos e da vida na Terra com a estabilidade e eternidade dos céus, requeria uma divisão quase natural do universo em sublunar e supralunar. Esta divisão origina-se das suas diferentes características:

“a parte de baixo da esfera da Lua divide o universo em duas regiões totalmente diferentes, preenchidas com diferentes tipos de matéria e sujeitas a leis diferentes. A região terrestre, no qual o homem vive, é a região da variedade e mudança, nascimento e morte, geração e corrupção. A região celeste é, em contraste, eterna e inalterável. Só o éter dentro todos os elementos é puro e incorruptível. Só as esferas celestes interligadas se movem natural e eternamente em círculos, nunca variando sua velocidade, ocupando sempre a mesma região do espaço, rodando sempre sobre si mesmas. A substância e o movimento das esferas celestes são os únicos compatíveis com a imutabilidade e a majestade dos céus, e é o céu que produz toda a variedade e mudança na Terra.” (KUHN, 1957, p. 108)

Aristóteles leva mais além a caracterização divina dos céus, para ele todos os movimentos e a matéria das regiões supralunares são perfeitas e

estes movimentos levam a mudanças contínuas na Terra, uma região imperfeita. Isto

“Resultou num universo cujos pormenores estruturais têm significados tanto religioso como físico; o inferno estava no centro geométrico, o trono de Deus estava para além da esfera das estrelas; cada esfera planetária era movida por um anjo.” (KUHN, 1957, p. 109)

Desta forma, Aristóteles não apenas atribuiu um significado físico intimamente ligado a matéria, mas também segmenta o universo dando-o significado religioso. Kuhn comenta extensamente, mas não vejo necessidade de expor aqui, como as concepções de um céu majestoso promove a astrologia e como esta atividade foi importante durante os 1800 anos a partir do século II a.C.

Para terminarmos esta parte da discussão sobre a visão de Kuhn do universo aristotélico, segue uma extensa citação do autor a respeito do que o autor chama de “mundividência aristotélica”. Ele começa argumentando que são comuns as críticas e explicações forçadas sobre as concepções da física e do mundo formulado pelo filósofo e continua dizendo que:

“é-nos dito muitas vezes que foi só por que os cientistas medievais preferiram a autoridade da palavra escrita, de preferência a antiga, à autoridade dos seus próprios olhos que puderam continuar a aceitar o aforismo absurdo de Aristóteles de que os corpos pesados caem mais depressa do que os mais leves. A Ciência moderna, nesta interpretação predominante, começou quando Galileu rejeitou os textos em favor de experiências e observou que dois corpos de peso desigual, largados do topo da Torre de Piza, atingiam o chão simultaneamente. Hoje, qualquer miúdo da escola sabe que um corpo pesado e um leve caem juntos. Mas o miúdo está errado assim como esta história também está. No mundo de todos os dias, como Aristóteles viu, os corpos pesados caem mais depressa que os mais leves. Essa é a percepção primitiva. A lei de Galileu é mais útil para a Ciência que a de Aristóteles não porque representa mais perfeitamente a experiência, mas porque vai além da regularidade superficial apresentada pelos sentidos, até a um aspecto de movimento mais essencial, embora escondido. Para verificar a lei de Galileu através da observação, é necessário equipamento especial; os sentidos apenas não confirmarão nem negarão. O próprio Galileu não obteve a lei a partir da observação, pelo menos de novas observações, mas de um encadeamento de argumentos lógicos como os que iremos examinar no próximo capítulo. Provavelmente, não fez a experiência na Torre de Piza. Essa foi executada por uma dos seus críticos e o resultado apoiou Aristóteles. O corpo mais pesado chegou primeiro ao solo.

A popular história de Galileu ter refutado Aristóteles é mais um mito, motivado por uma falha de perspectiva histórica.

Gostamos de esquecer que muitos dos conceitos que acreditamos nos foram dolorosamente inculcados na juventude. Também os encaramos facilmente como produtos naturais e indubitáveis de nossas simples percepções, considerando errados os conceitos diferentes dos nossos, enraizados na ignorância ou estupidez e perpetuados pela obediência cega à autoridade. A nossa própria educação coloca-se entre nós e o passado, particularmente entre nós e a física aristotélica, levando-nos freqüentemente a interpretar mal a natureza e a origem da imensa influência de Aristóteles sobre as gerações subseqüentes.

Parte da autoridade dos textos de Aristóteles provém do brilhantismo das suas próprias idéias originais, e parte de seu imenso alcance e coerência lógica, que são tão impressionantes hoje como dantes. Mas a fonte principal da autoridade de Aristóteles, reside, creio eu, num terceiro aspecto do conhecimento, um que é mais difícil aos espíritos modernos retomar. Aristóteles era capaz de exprimir de uma forma abstrata e consistente muitas concepções espontâneas do Universo que existiam há séculos antes de ele lhes dar uma racionalidade verbal e lógica “(KUHN, 1957, p. 111-2)

Para Kuhn, os conceitos científicos que nos fazem discordar da Aristóteles nos foram impostos dolorosamente pela educação escolar. Neste sentido, é contraditório acusarmos os seguidores de Aristóteles de serem obtusos e de seguirem apenas a voz da autoridade enquanto o que nos é ensinado na escola, pela voz da autoridade de nossos professores e livros, não é corroborado pela nossa experiência cotidiana. Contudo, esses ensinamentos são defendidos por nós hoje como verdadeiros. Posteriormente veremos que muito do que é ensinado na escola desde o século XVII não foi resultado da observação da natureza diretamente (principalmente os trabalhos galileanos, como Kuhn e Feyerabend nos mostram), mas foi resultado de uma atividade que mais se assemelha às campanhas de persuasão e convencimento.

### **3.6.5 A Reverência ao Sol e o Neoplatonismo da Revolução Copernicana**

Durante o Renascimento Cultural e Científico europeu, o clima intelectual que se formou devido a correntes de pensamento (Kuhn cita o humanismo), facilitou o rompimento com os conceitos da Ciência aristotélica. Este clima de idéias que rodeavam os trabalhos dos cientistas imbuídos na construção da nova Astronomia produz duas idéias não aristotélicas que estão implícitas em todos os trabalhos dos copernicanos:

...uma nova crença e importância da descoberta de simples regularidades aritméticas e geométricas da natureza e uma nova

visão do Sol como fonte de todos os princípios vitais e forças do universo. (KUHN, 1957, p. 144)

A primeira destas idéias parece ter como fundamentos os pensamentos de Platão, que interpretava os objetos e o mundo como sendo meras sombras imperfeitas de um mundo perfeito, das formas ideais, fora do tempo e do espaço. Este modo místico de conceber a realidade continha um ingrediente que influenciou os astrônomos que participavam desta tradição, o neoplatonismo: a matemática como ponte para o conhecimento deste mundo eterno e de espírito puro. Portanto, o mundo neoplatônico era apenas uma corrupção do real perfeitos, das formas matemáticas; e o conhecimento das propriedades deste mundo podia ser dar apenas pela busca do espírito. Estas propriedades, uma vez conhecidas, poderiam ser verificadas em uma forma corrupta nos fenômenos naturais (KUHN, 1957, p. 144-5)

Embora o ideal neoplatônico afastem seus seguidores das Ciências físicas, o resultado desta tradição influenciou muitos dos cientistas renascentistas com o elemento da busca pelas regularidades matemáticas e de geometrias simples na natureza:

“O amigo e professor de Copérnico em Bolonha, Domênico de Novara, estava muito ligado aos neoplatônicos florentinos que traduziram Proclo e outros autores da sua escola. O próprio Novara foi um dos primeiros a criticar a teoria planetária de Ptolomeu com base em argumentos neoplatônicos, acreditando que nenhum sistema tão complexo e inconveniente podia representar a verdadeira ordem matemática da natureza. Quando o aluno de Novara, Copérnico, se queixou de que os astrônomos ptolomaicos pareciam violar o princípio primeiro da uniformidade dos movimentos e que não tinham sido capazes de ‘deduzir a coisa principal – nomeadamente a forma do Universo e a imutável simetria das suas partes- estava a se inserir na mesma tradição” (KUHN, 1957, p. 145-6)

Kuhn explica um pouco da devoção e do valor que os astrônomos neoplatônicos atribuíam ao Sol. Para a tradição neoplatônica, o “Deus neoplatônico era um princípio gerador que se autoduplicava e cuja potência imensa era demonstrada e pela própria multiplicidade das formas que dele emanavam” (A Revolução Copernicana p. 146). Portanto, no mundo real, a figura que melhor representaria esta figura é o Sol, considerando que suas emanações visíveis ou invisíveis davam luz, calor e vida ao universo.

Em um sistema onde o Sol não ocupa o centro do universo é fácil perceber que há uma contradição disto com esta reverência solar. Copérnico não esconde de maneira alguma esta convicção, mesmo porque creio que ele não tivesse motivo para isto, e escreve enfaticamente sobre as características que o espanta e o maravilha:

“No centro de tudo está o Sol entronado. Neste bellissimo templo, poderíamos nós colocar esta luminária noutra posição melhor de onde ela iluminasse tudo ao mesmo tempo? Ele é corretamente chamado a Lâmpada, a Mente, o Governante do Universo; Hermes Trimegisto chama-lhe o Deus Visível, a Electra de Sófocles chama-lhe O que tudo vê. Assim, o Sol senta-se como que num trono real governando os seus filhos, os planetas que giram à sua volta” (KUHN, 1957, p. 147)

O autor reforça que as características neoplatônicas em Copérnico se apresentam tanto no culto às formas e harmonias matemáticas quanto na estranha a adoração ao Sol. As convicções neoplatônicas influenciaram e foram decisivas na atitude de Copérnico de buscar uma nova Astronomia, já que:

“Nenhuma descoberta astronômica fundamental, nenhuma espécie nova de observação astronômica persuadiu Copérnico da imperfeição da antiga Astronomia ou da necessidade de uma mudança. Até meio século depois da morte de Copérnico não ocorreram quaisquer mudanças potencialmente revolucionárias nos dados disponíveis para os astrônomos. Qualquer possibilidade de compreensão da oportunidade da Revolução e dos fatores que lhe deram origem deve, no entanto ser pesquisados principalmente fora da Astronomia” (KUHN, 1957, p. 149)

### **3.6.6 A inovação de Copérnico**

A publicação do “As Revoluções dos Orbes Celestes” de Copérnico em 1543 inaugurou as grandes modificações no pensamento astronômico que passaram a ser conhecidas como revolução. Embora, este seja o livro mais importante dessa passagem histórico-científica ele foi apenas o livro que inaugurou o processo. Kuhn enfatiza que não é possível encontrar nesta obra todas as conseqüências que fizeram os trabalhos de Copérnico ficarem conhecidos, mesmo por que:

“O ‘De revolutionibus’ deve ser um problema constante e um paradoxo, pois avaliado em termos das suas conseqüências, é um trabalho sério, sóbrio e não revolucionário. A maioria dos elementos essenciais pelos quais conhecemos a Revolução a Copernicana – cálculos fáceis e exatos da posição planetária, a abolição dos epiciclos e dos excêntricos, a dissolução das esferas, o Sol como sendo uma estrela, a expansão infinita do universo - estes e muitos outros não são encontrados em partes alguma da obra de Copérnico. Em todos os aspectos, exceto os movimentos da Terra, o De revolutionibus pareceu mais aparentado com os trabalhos de astrônomos e cosmólogos antigos e medievais do que com os textos das gerações subseqüentes que basearam o seu trabalho no de Copérnico e que tornaram explícitas as conseqüências radicais que mesmo o autor não vira no seu trabalho” (KUHN, 1957, p. 152)

Essa incoerência dos trabalhos de Copérnico tanto em Astronomia quanto em outras áreas é para Kuhn um dos maiores problemas para quem tenta compreender a revolução copernicana a partir da principal obra de Copérnico. Outro empecilho que este estudioso vai se deparar, caso não seja um astrônomo, é a matematicidade dos escritos de Copérnico quando aborda a Astronomia dos corpos celeste. Os textos de Copérnico não são acessíveis ao público leigo pela falta de competência técnica que este público tem em questões de Astronomia matemática. Um problema para quem vai analisar, mas uma vantagem muito grande para a sobrevivência das idéias de Copérnico, pois caso:

“Tivesse Copérnico exposto a nova Astronomia na forma simplificada que iremos freqüentemente encontrar neste capítulo o seu acolhimento poderia ter sido bem diferente. A oposição a um trabalho mais compreensível poderia, por exemplo, ter sido ordenado mais cedo” (KUHN, 1957, p. 151-2)

A realidade é que a busca das regularidades matemáticas em resposta ao ideal neoplatônico de Copérnico se apresenta como o agente propagador dessa matematização dos movimentos celestes e, portanto, do que realmente a obra de Copérnico se apresentou como inovação na Astronomia. Ao citar extensamente a obra de Copérnico, Kuhn sublinha duas partes interessantes na obra de Copérnico que mostra esse ideal de matematização e sua opinião a respeito disso:

“Ponderei muito sobre esta incerteza da tradição matemática em estabelecer o movimento dos sistemas de esferas. Por fim, comecei a irritar-me porque os filósofos não poderiam de maneira nenhuma

concordar fosse com que teoria fosse sobre o mecanismo do Universo, fabricado para nós por um criador supremamente bom e ordenado, embora noutros aspectos investigassem com cuidado metuculoso os pontos mais ínfimos relativos aos seus círculos” (KUHN, 1957, p. 158 159)

Entre parênteses, logo após esta citação, Kuhn emite sua opinião sobre esta atitude de Copérnico e pede para o leitor reparar:

“... como Copérnico equipara ‘ordenado’ com ‘matematicamente perfeito’. Um aspecto de seu platonismo que qualquer bom aristotélico teria discordado veementemente. Existem outros tipos de métodos” (KUHN, 1957, p. 159)

Mais a frente, em outra citação de Kuhn à obra de Copérnico diz:

“As matemáticas são para os matemáticos, e eles, se não estão completamente enganados, defenderão que estes meus trabalhos contribuem de algum modo até para os estado da Igreja, do qual Vossa Santidade é agora príncipe” (KUHN, 1957, p. 160)

Para Kuhn, aqui está à primeira incongruência dos trabalhos de Copérnico. Pois não era a cosmologia ou filosofia por trás do sistema ptolomaico que Copérnico discordava. O que o incomodava era então atual Astronomia matemática. O que o impele a reformar as descrições matemáticas e geométricas dos corpos celestes também o força, como efeito colateral, à movimentação da Terra. Portanto, a força do ideal neoplatônico de Copérnico excedeu até mesmo suas intenções por que:

“A revolução copernicana não foi essencialmente uma revolução nas técnicas matemáticas empregues para calcular a posição planetária, mas começou como tal. Ao reconhecer a necessidade e ao desenvolver tais técnicas novas, Copérnico deu sua contribuição original para a Revolução copernicana que leva o seu nome.” (KUHN, 1957, p. 160 161)

Está é a grande ironia do trabalho de Copérnico: o movimento da Terra é um subproduto da reforma matemática impulsionada pela reforma matemática aos movimentos celestes.

### **3.6.7 A forma dos movimentos celestes e sua influência tradicional aristotélica**

Notamos um elemento de crença, ao menos a nosso ver atual, em Copérnico sobre o formato e movimentos dos corpos celestes. De alguma forma está ligada à sua tradição aristotélica, seja pela simetria estrutural do universo de Aristóteles, ou, por qualquer outra razão, o formato dos corpos celestes e seus movimentos devem ser esféricos e circulares. Em determinada parte do seu livro Kuhn recorta partes dos textos copernicanos para fundamentar esta união. Torno a citá-la aqui para posteriormente sublinhar as observações de Kuhn a respeito desses trechos.

“Em primeiro lugar, devemos observar que o universo é esférico. E isso porque é essa a figura mais perfeita, não sendo articulada, mas um todo completo em si próprio; ou porque é a mais espaçosa e, portanto, a que melhor se adapta para ter de conter e preservar todas as coisas [de todos os sólidos com uma dada superfície, a esfera é a que tem o maior volume]; ou ainda porque todas as suas partes perfeitas, nomeadamente o Sol, a Lua e as estrelas assim são formadas; ou porque todas as coisas tendem a assumir essa forma, como se vê no caso das gotas de água e corpos líquidos em geral, se formando livremente. Ninguém duvida de que tal forma tenha sido atribuída aos corpos celestes” (KUHN, 1957, p. 162)

Este conjunto de argumentos sobre a forma dos corpos celestes e os movimentos por eles realizados é, para Kuhn, a demonstração mais explícita da crença copernicana no aristotelismo universal. “Só um movimento circular uniforme, ou mesmo a combinação de tais movimentos pode, pensa Copérnico, explicar a ocorrência regular de todos os fenômenos celestes em intervalos de tempo fixos” (KUHN, 1957, p. 165). Estas posições cosmológicas de Copérnico são as representações de sua ligação máxima com a metafísica de Aristóteles da perfeição e divindade dos elementos celestes.

### **3.6.8 O movimento orbital terrestre e o efeito da paralaxe estelar – um problema copernicano.**

Introduzir uma Terra móvel permitiu a Copérnico salvar aproximadamente as aparências dos movimentos celestes que o sistema ptolomaico também explicava de forma equivalente, mas o sistema ptolomaico

era mais simples. Portanto, não existia neste sentido uma economia conceitual ao se fazer a transição do sistema ptolomaico para o sistema copernicano. Nem poderemos dizer que a equivalência de explicação era completa. Admitir o movimento orbital da Terra ao redor do Sol permite a verificação de um fenômeno de mudança aparente da posição dos corpos celestes em épocas diferentes do ano. Este movimento aparente consiste na mudança do ângulo observado quando traçamos linhas que ligam um observador terrestre a uma determinada estrela em pontos diametralmente opostos da órbita da Terra. Estas linhas não são muito bem paralelas, assim o ângulo de observação deve mudar atingindo sua variação máxima num intervalo de tempo de meio ano.

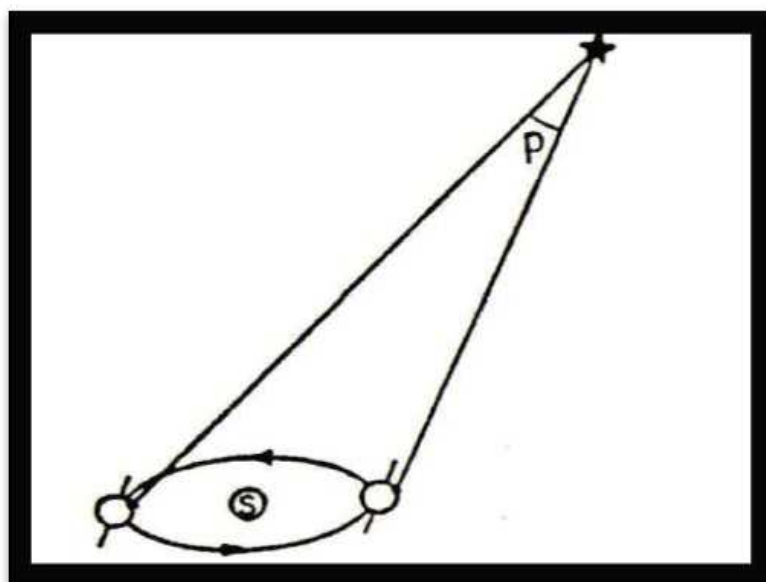


Figura 8- Paralaxe estelar.

Este movimento angular dos objetos celestes, embora não tenha sido detectado na época de Copérnico, ficou conhecido como movimento de paralaxe estelar. Este movimento não pode ser visto a olho nu e somente foi verificado em 1837 com a ajuda do telescópio. Se considerarmos a distância temporal da publicação da teoria heliocêntrica até a verificação da paralaxe, podemos ter noção do que foi este problema para os copernicanos, uma vez que ela seria um prova verificacional da mobilidade da Terra em relação às esferas das estrelas, fenômeno que os ptolomaicos não tinham como prever, ou mesmo não fazia sentido, a partir de um sistema centrado na Terra.

### 3.6.9 A Astronomia planetária de Copérnico

Historicamente o grande problema da Astronomia descritiva foi conseguir um esquema de movimentos que explicasse os movimentos planetários. A questão maior desses movimentos é que os movimentos dos planetas no céu não são propriamente círculos, como os astrônomos acreditavam que deveriam ser, mas eram constituídos de movimentos com velocidades variáveis, ora com movimentos retrógrados, ora em repouso, daí a dificuldade em descrever os movimentos desses planetas. Esta peculiaridade dos movimentos planetários foi muito bem encaixada no sistema geocêntrico de Ptolomeu com a introdução de epiciclos e outros elementos geométricos necessários para descrever os movimentos desses planetas. A explicação qualitativa e a previsão quantitativa desses movimentos que estavam contidas no *Almagesto* foi uma dos maiores sucessos da Astronomia centrada na Terra durante os dois milênios de seu reinado sobre a Astronomia.

Porém, o sistema não era perfeito e as tentativas ao longo do século de melhorar as previsões das posições dos corpos celestes forçaram o aumento da complexidade desse sistema com uma velocidade maior que o aumento da exatidão na previsão das posições planetárias. Esta situação de inexatidão e de alta complexidade do sistema ptolomaico foi ressaltada por Copérnico como uma grande falha e ineficiência de uma Astronomia centrada na Terra e uma das principais causas da necessidade de sua substituição.

Kuhn resume e critica a solução dada por Copérnico aos problemas dos planetas dizendo que:

“Até agora, o esquema conceitual desenvolvido por Copérnico é tão eficaz como o de Ptolomeu, mas daqui para frente certamente já não o é, e parece bastante mais inconveniente. É só quando os planetas são acrescentados ao universo de Copérnico que se torna aparente uma base real para sua inovação” (KUHN, 1957, p. 181)

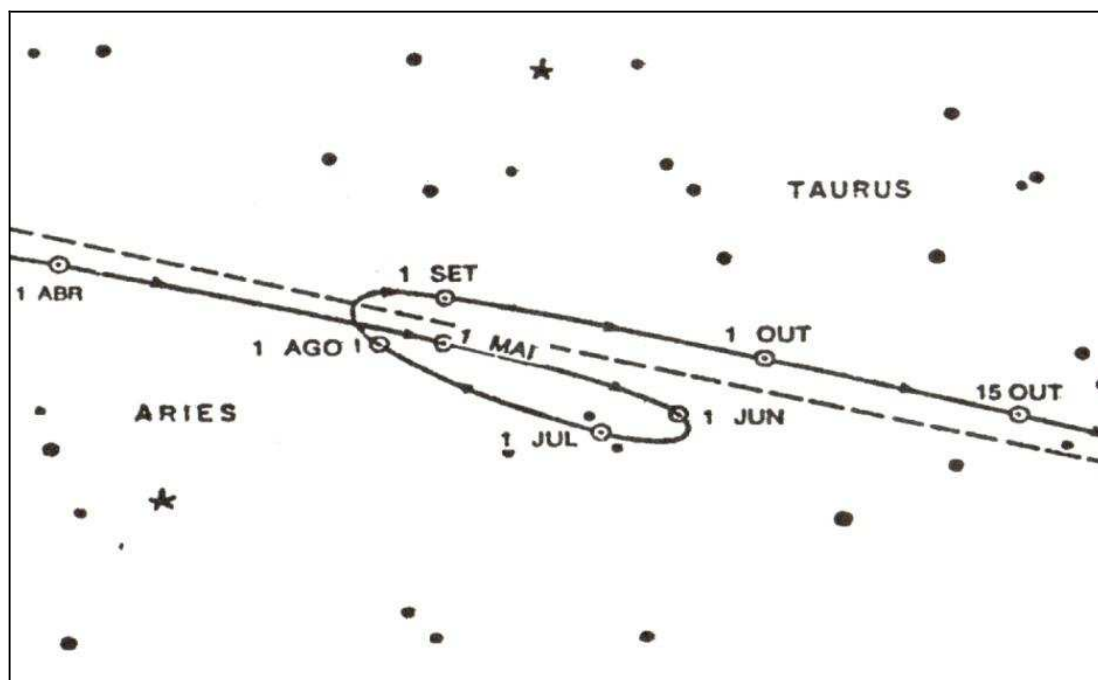


Figura 9- Movimentos dos planetas observado da Terra: fases progressiva e retrógrada.

Para o sistema de Copérnico explicar os movimentos dos planetas não será mais necessário os epiciclos, os movimentos inconstantes dos planetas são aparentes visto de um observador da Terra que também está em movimento ao redor do Sol. Estes movimentos que antes eram observados em relação à esfera das estrelas surgem naturalmente quando colocamos tanto a Terra como os planetas em movimentos circulares ao redor do Sol. A figura mostra esquematicamente sete posições diferentes para a Terra e para um determinado planeta – seja interno ou externo – e as posições dos planetas em relação à esfera das estrelas relativos a um observador na Terra.

Dessa forma a primeira grande irregularidade do movimento planetário foi explicada qualitativamente sem o uso dos epiciclos. Mas não era apenas este o problema dos planetas. Outra irregularidade dizia respeito ao período para que um determinado planeta complete uma volta pela eclíptica. Um planeta não apresentava sempre o mesmo período, mas isto variava de uma volta para outra. Copérnico resolveu este problema qualitativamente mostrando que a variação de tempo para uma volta completa de um planeta é resultado da observação da projeção do planeta no fundo da esfera das estrelas e que esta projeção sofria influência da própria posição da Terra, que

agora era móvel. Mais uma vez Copérnico dá uma explicação qualitativa sem o uso de epiciclos.

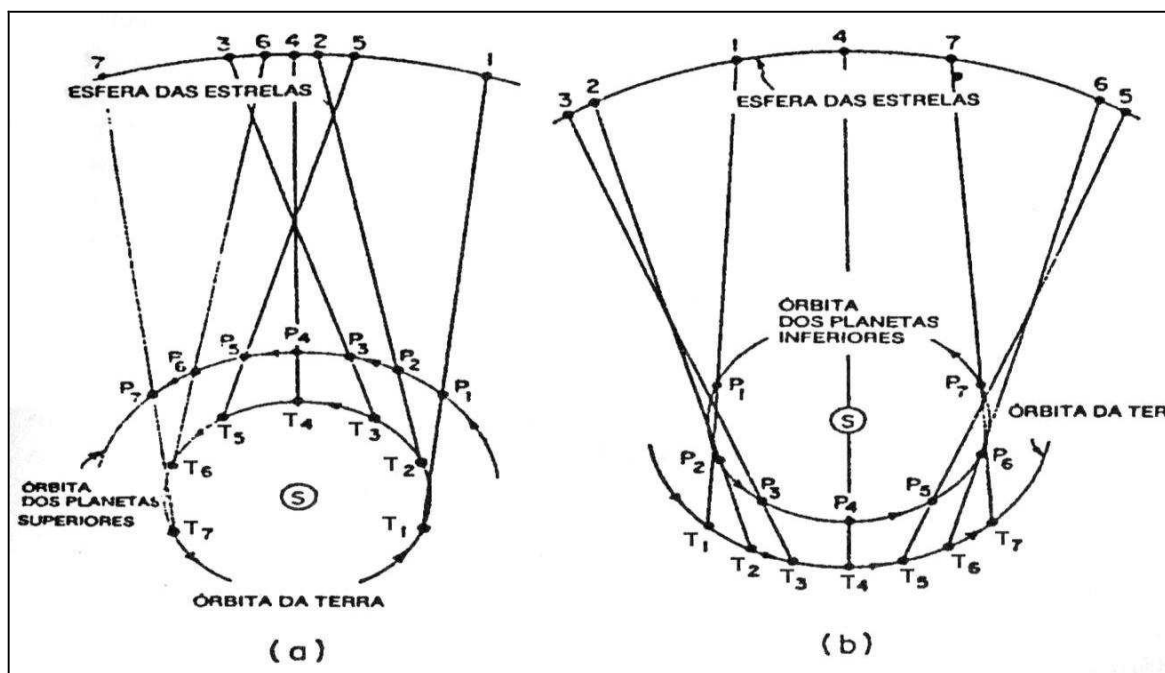


Figura 10- Explicação copernicana para os movimentos dos planetas superiores (a) e planetas inferiores (b).

Em resumo:

“o movimento retrógrado e a variação de tempo necessário para dar uma volta à eclíptica são as duas grandes irregularidades planetárias que, na antiguidade, tinham levado os astrônomos a empregar os epiciclos e os deferentes ao tratar dos problemas dos planetas. O sistema de Copérnico explica estas mesmas irregularidades e fá-lo sem recorrer ao uso dos epiciclos, ou pelo menos aos grandes epiciclos” (KUHN, 1957, p. 184-5)

Kuhn continua sua explicação dizendo que:

“... esta economia aparente do sistema de Copérnico, embora seja uma vitória propagandeada que os proponentes da nova Astronomia raramente deixaram de realçar é, em grande parte, uma ilusão. Ainda não começamos a tratar de toda a complexidade da Astronomia de Copérnico. O sistema de sete círculos apresentado no Primeiro Livro do De revolutionibus, e em muitas das modernas explicações elementares do sistema copernicano, é um sistema maravilhosamente econômico, mas não resulta. Não predirá a posição dos planetas com uma exatidão comparável à do sistema de Ptolomeu. A sua exatidão é comparável à daquela versão simplificada dos doze círculos do sistema de Ptolomeu – Copérnico consegue dar uma explicação qualitativa mais econômica dos movimentos planetários do que Ptolomeu. Mas para obter uma explicação quantitativa razoavelmente boa da alteração da posição planetária, Ptolomeu foi obrigado a complicar o sistema

fundamental de dose círculos em epíclis menores, excêntricos e equantos, e para obter resultados comparáveis com o seu sistema básico de sete círculos, também Copérnico foi forçado a usar epíclis menores e excêntricos. O sistema completo era pouco menos complicado que o de Ptolomeu. Ambos empregavam mais de 30 círculos; havia pouco a escolher entre eles quanto à economia. Nem os dois sistemas podiam ser distinguidos quanto à exatidão.

“Quando Copérnico terminou de acrescentar círculos, o seu complicado sistema centrado no Sol deu resultados tão exatos quanto os de Ptolomeu, mas não deu resultados mais exatos. Copérnico não resolveu os problemas dos planetas” (KUHN, 1957, p. 185)

Em complexidade e em exatidão o sistema copernicano não se sobrepunha em nada ao seu rival ptolomaico. Na tentativa de salvar as aparências dos movimentos planetários, Copérnico aumentou em muito a complexidade e, por conseqüência, a inexatidão do seu sistema. O sistema de Copérnico não era nem mesmo centrado no Sol. Essas adaptações foram necessárias para que os movimentos inconstantes do Sol ao longo da eclíptica se encaixassem na descrição de Copérnico. Outras complexidades como estas foram utilizada para a Lua e os planetas. Para a Lua eram necessários três círculos, um centrado na Terra, outro centrado neste e o terceiro centrado no segundo. Para os planetas como Marte, foram precisos sistemas de excêntricos e vários epíclis e outros elementos matemáticos complexos para que o sistema conseguisse descrever os céus, todos eles completamente equivalentes ao sistema de Ptolomeu.

“Mesmo este breve esboço do sistema de círculos interligados empregue por Copérnico para calcular a posição planetária indica a terceira grande incongruência do *De revolutionibus* e a imensa ironia do trabalho de toda a vida de Copérnico. O prefácio do *De revolutionibus* abre com uma forte acusação escrita contra a *Astronomia ptolomaica* pela sua inexatidão, complexidade e inconsistência e, no entanto, antes de o texto de Copérnico acabar, ele condenou-se a si próprio aos mesmos erros. O sistema de Copérnico não era nem mais simples nem mais exato do que o de Ptolomeu. E os métodos que Copérnico empregou na sua construção pareceram tão pouco capazes como os métodos de Ptolomeu de produzir uma única solução consistente para o problema dos planetas” (KUHN, 1957, p. 187)

Um dos pontos muito propagandeados pelos copernicanos, e que foi um dos argumentos na discussão com os ptolomaicos, foi a concepção de uma maior harmonia do copernicanismo ao descrever os céus quando comparado com o sistema ptolomaico. Este argumento foi o apelo máximo dos

copernicanos na campanha proselitista e o que convenceu e que converteu muitos dos astrônomos após Copérnico a uma Astronomia centrado no Sol, porque "... em termos práticos, o novo sistema planetário de Copérnico era um falhaço: nem era mais exato nem significativamente mais simples que o dos seus predecessores ptolomaicos" (KUHN, 1957, p. 187)

A questão da harmonia copernicana está intimamente ligada aos pormenores técnicos e matemáticos da sua obra que não será possível descrever aqui, mas a questão qualitativa é fácil de compreender. Uma delas é a explicação mais natural dos movimentos de Vênus e Mercúrio. Estes planetas, na observação celeste, nunca se afastam muito do Sol. No sistema ptolomaico a explicação para isto é dado por um esquema extra, uma explicação *ad hoc*. Com o sistema solar centrado no Sol é fácil conceber que Mercúrio e Vênus, sendo planetas internos, não se afastariam do Sol quando observados da Terra. Outro ponto que sempre foi debate entre os ptolomaicos é a ordem das órbitas do Sol, Vênus e Mercúrio.

A controvérsia neste ponto nasce de um princípio dito natural, tanto para ptolomaicos com para copernicanos, de que quanto mais afastados dos centros de suas órbitas maior é o tempo médio que o corpo celeste demora a completar uma volta na eclíptica. Como Vênus, Mercúrio e o Sol levam o mesmo tempo médio, um ano, para suas viagens a ordem desses planetas sempre foi fonte de debates. Neste novo sistema é possível determinar sem ambigüidades, por um meio matemático muito simples, quais são os períodos orbitais desses planetas: Vênus tem 225 dias para uma volta completa ao redor do Sol e Mercúrio necessita de 88 dias. Portanto, Vênus está mais próxima do Sol que Mercúrio, seguido de Marte (687 dias).

Contudo, Kuhn comenta que o princípio de que os planetas mais afastados do Sol têm períodos maiores pode ser inicialmente arbitrário:

"Parece natural que os planetas devessem se comportar desse modo, como as formigas de Vitruvius sobre uma roda, mas não há necessidade que seja assim. Talvez a suposição seja inteiramente gratuita, e os planetas, com exceção do Sol e da Lua, cujas distâncias podem ser determinadas diretamente, tenham outra ordem" (KUHN, 1957, p. 191)

Mas a preferência de certos astrônomos pelo sistema copernicano à tradição ptolomaica tendo como base sua harmonia matemática e geométrica, a beleza é, portanto, uma questão de gosto. Assim “Para os astrônomos, a escolha inicial entre o sistema copernicano e o de Ptolomeu só poderia ser uma questão de gosto...” de forma que:

“... só os astrônomos que valorizassem a clareza qualitativa do que a exatidão quantitativa (e houve alguns - Galileu entre eles) podiam considerar este um argumento convincente em face do complexo sistema de epiciclos e excêntricos elaborados no *De Revolutionibus*” (KUHN, 1957, p. 189)

É por meio desses argumentos, opina Kuhn, de apelo à beleza e harmonia matemática que Copérnico tenta persuadir da validade e da superioridade de sua nova abordagem. Mas cada um desses argumentos cita aspectos que podem ser explicados tanto pela abordagem copernicana quanto pela abordagem de Ptolomeu. E existe uma grande quantidade desses argumentos, de forma que eles não têm valor se não forem impressionantes. Estes argumentos:

“... apelam, se é que o fazem, não para o sentido utilitário dos astrônomos praticantes, mas para o seu sentido estético, e somente para isso. Não agradavam aos leigos, que mesmo quando compreendiam os argumentos, não estavam dispostos a substituir as harmonias celestiais mínimas por grandes discórdia terrestres. Não agradavam necessariamente os astrônomos porque as harmonias para as quais os argumentos de Copérnico apontavam não tornavam o astrônomo capaz de desempenhar melhor sua tarefa. Novas harmonias não aumentam a exatidão ou a simplicidade. Portanto, elas podiam e agradavam essencialmente àquele subgrupo de astrônomos matemáticos limitados e talvez irracional, cujo ouvido neoplatônico para as harmonias matemáticas não podia ser obstruídos por páginas após páginas de matemática complexa levando a predições numéricas dificilmente melhores do que aqueles que tinham conhecidos antes. Felizmente, (...) havia alguns astrônomos desses” (KUHN, 1957, p. 197)

### **3.6.10 Galileu Galilei e o telescópio – argumentações copernicanas**

Em 1609. Galileu observa o céu com seu telescópio pela primeira vez, coisa que até então não havia acontecido. Nesta época o telescópio era um instrumento novo, embora não esteja claro até que ponto ele era novo. O resultado disso é a inauguração de uma fonte de dados completamente

diferente e qualitativamente não vistos até o momento. As observações telescópicas empreendidas por Galileu com um instrumento feito por tentativas de associação de lentes se tornaram uma arma muito eficaz nas mãos dos copernicanos envolvidos no debate, pois:

“O telescópio mudou os termos do enigma que o céu apresentava para os astrônomos e isto tornou o enigma bastante mais fácil de resolver, pois, nas mãos de Galileu, o telescópio revelava provas infundáveis em favor do Copernicanismo” (KUHN, 1957, p. 234)

Cada vez que Galileu apontava para o céu o seu telescópio ele descobria novos e insuspeitos objetos – novas estrelas, novos satélites. Mesmo quando Galileu estudava por meios de suas lentes objetos celestes que já eram conhecidos – Sol, Lua e planetas – novas características desses objetos eram verificadas. O que está por trás do sucesso que as observações astronômicas feitas por Galileu por meio do telescópio é que cada nova descoberta era transformada magicamente e arditamente por ele em argumentos a favor do copernicanismo. (KUHN, 1957, p. 235).

A primeira descoberta importante que foi feita com o uso do telescópio é que as estrelas que vemos a olho nu são apenas uma pequena parte das estrelas existentes. Ao apontar o telescópio para a Via Láctea, que até então era tomada como um fenômeno sublunar, Galileu percebeu que ela era uma incontável coleção de estrelas, pequenas demais para serem discerníveis a olho nu.

“Todas as noites, o céu estava apinhado de incontáveis novos residentes. A vasta expansão do universo, talvez a sua infinidade, postulados por alguns dos copernicanos, parecia subitamente mais razoável. A visão mística de Giordano Bruno de um universo cuja extensão e população infinitas proclamavam a infinita criatividade da Divindade estava quase transformada em dado observável” (KUHN, 1957, p. 235)

A segunda descoberta se deu quando Galileu examinou a Lua com o telescópio. Ele notou que ela não apresentava uma superfície esférica e perfeita, como ditavam os dogmas aristotélicos. Mas notou que suas superfícies também tinham montanhas e crateras e, portanto, que sua topografia não era muito diferente da topografia terrestre. O Sol apresentava

manchas que apareciam e desapareciam constantemente. A existência dessas manchas e seus aparecimentos e desaparecimentos entravam em conflitos com a perfeição dos corpos celestes e com a imutabilidade dos céus e o movimento dessas manchas indicavam a rotação do Sol - o que constitui um paradigma para a rotação da Terra.

Quando o telescópio foi apontado para Júpiter, Galileu observou quatro pequenos pontos de Luz que rodeavam o planeta assim como a Lua faz em volta da Terra. Esses pequenos corpos eram as quatro luas de Júpiter. O impacto dessa observação foi muito grande no imaginário da sociedade da época de Galileu:

“Havia, segundo parecia, novos ‘mundos’ nos Planetas, assim como no ‘Firmamento’. Mais importante, estes novos mundos não podiam ser concebidos, nem na hipótese de Ptolomeu nem na hipótese de Copérnico, a moverem-se em órbitas quase circulares ao redor do centro do universo. Aparentemente se moviam à volta de um planeta, e o seu comportamento era, portanto, o mesmo que o da Lua da Terra na Astronomia de Copérnico” (KUHN, 1957, p. 237)

Kuhn diz que as “provas” em favor do sistema copernicano foram multiplicadas muito rapidamente quando apareceu o telescópio. Porém:

“as provas em favor do copernicanismo fornecidas pelos telescópios de Galileu são fortes, mas também estranhas. Nenhuma das observações apresentadas atrás, exceto a última [as fases de Vênus], forneceu uma prova direta para os principais dogmas da teoria de Copérnico – a posição central do Sol ou o movimento dos planetas à volta dele. Tanto o universo ptolomaico como o de Tycho contêm espaço suficiente para as estrelas recentemente descobertas, qualquer um deles pode ser modificado para permitir as imperfeições dos céus e para os satélites ligados aos corpos celestes; o sistema de Tycho, pelo menos, fornece uma boa explicação, assim como o de Copérnico, para as fases observadas de Vênus e para a distância até este planeta. Por isso, o telescópio não provou a validade do esquema conceitual de Copérnico. Mas forneceu uma arma muitíssimo eficaz para a batalha. Não era uma prova, mas era propaganda” (KUHN, 1957, p. 238)

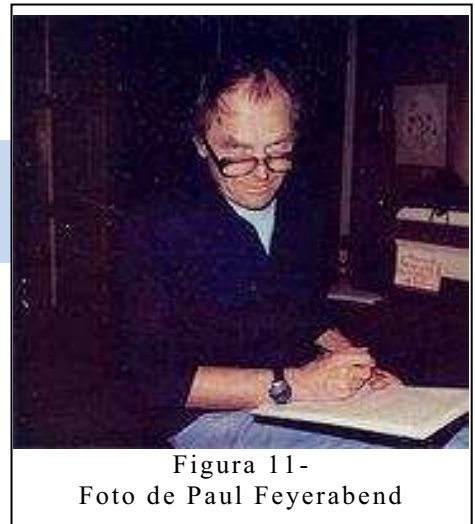
Para os especialistas, as provas que foram propaladas por Galileu podiam ser supérfluas. Mas o telescópio se tornou um brinquedo popular. Dessa forma, os conceitos Galileanos sobre o universo acabou passando a frente com a popularização do telescópio e, portanto, ajudou a minar as antigas concepções aristotélicas sobre o universo. A figura do observador amador se

tornou comum. Para Kuhn, como mostra a citação seguinte, os trabalhos astronômicos de Galileu se resumem na popularização da Astronomia copernicana, como uma tática de batalha e discussão e proselitismo na Revolução Copernicana. “É essa a maior importância do trabalho astronômico de Galileu: popularizou a Astronomia, e a Astronomia que popularizou era a copernicana” (KUHN, 1957, p. 239)

O trabalho propagandista de Galileu teve o mérito de difundir o copernicanismo fazendo-o se tornar menos esotérico, pelo menos mais falado e mais comentado, o que facilitou sua infiltração nos meios intelectuais leigos. Porém, esta difusão dos termos da Astronomia para os não foi de tudo bom. Já não era preocupação apenas de astrônomos especialistas e se tornou assunto comum às diversas classes de interessados. O copernicanismo se tornou para muitos inquietantes, e para outros até perigoso. Foi após 1610, quando Galileu anunciou suas observações, que a Igreja organizou sua resistência máxima ao copernicanismo. Assim:

“A oposição tomou várias formas. Alguns dos oponentes mais fanáticos de Galileu recusavam-se a olhar através do novo instrumento, afirmando que se Deus quisesse que o homem usasse uma tal invenção para adquirir conhecimento teria dotado o homem de visão telescópica. Outros olhavam de boa vontade ou mesmo avidamente, tomando conhecimento do novo fenômeno, mas que os objetos vistos não estavam de maneira alguma no céu: eram aparições provocadas pelo próprio telescópio. A maioria dos oponentes de Galileu comportava-se mais racionalmente como Belarmino, eles concordavam que os fenômenos se encontravam nos céus, mas negavam que provassem as alegações de Galileu. Nisto, claro, tinham razão. Embora o telescópio fornecesse muitos argumentos, nada provava ” (KUHN, 1957, p. 241)

## 4. A CIÊNCIA PARA FEYERABEND



Para Feyerabend, a falsa suposição de que há um método científico universal a que devem se conformar todas as formas de conhecimento desempenha um papel prejudicial em nossa sociedade, aqui e agora, especialmente considerando-se o fato de que a versão de método científico a que geralmente se recorre é grosseiramente empirista ou indutivista. (Chalmers, 1993, p. 183).

**Paul Karl Feyerabend** nasceu em Viena no dia 13 de janeiro de 1924 e faleceu em Zuric em 11 de fevereiro de 1994. Após a segunda guerra mundial, estudou Canto, História e Sociologia, mas optou pela Física, área na qual publicou seu primeiro livro sobre a ilustração na Física Moderna. Doutorou-se em Física em 1951, pela Universidade de Viena, e como bolsista foi para a London School Economics trabalhar com Ludwig Wittgenstein, no entanto este falece antes de sua chegada e escolhe Karl Popper como seu orientador. Ao regressar a Viena publica a tradução para o alemão do livro *A Sociedade aberta e seus inimigos* de Popper. Em 1955 se transfere para a Universidade de Bristol e em 1959 naturaliza-se estadunidense. Mais tarde trabalhou como professor em Berkeley, Auckland, Sussex, Yale, Londres e Berlim. É também *doutor honoris causa* em Letras e Humanidades pela Universidade de Chicago, tendo sido assistente de Berthold Brecht.

Durante sua permanência em Londres, conheceu Imre Lakatos e planejaram escrever um diálogo intitulado *A favor e contra o método*, no qual Lakatos defenderia uma visão racionalista da Ciência e Feyerabend a atacaria. No entanto, Lakatos faleceu antes de concretizar o projeto conjunto com Feyerabend e este publicou seu primeiro livro, *Contra o Método* em 1975. Se nos seus primeiros trabalhos, Feyerabend mostra uma forte influência de

Popper, sem nenhuma vertente Metafísica; com a publicação deste livro, desenvolve uma crítica à lógica do método científico racionalista, e afirma que nenhuma teoria será suficiente para explicar todos os fenômenos observados, revelando seu giro para um anarquismo teórico.

Em suas obras *A Ciência numa sociedade livre*, publicado em 1978, em *Ciência como arte* e em *Adeus à razão*, publicados em 1987, Feyerabend critica a sociedade ocidental como a melhor para construir conhecimento, nega a racionalidade dominante, exalta o anarquismo metodológico e cultural. Ao longo dos anos 1980 publicou uma série de artigos criticando o jogo de poderes que perpassam a construção do conhecimento, incluindo aspectos “não científicos” como parte desse processo.

#### 4.1 A Ciência de Feyerabend

Ao contrário do que foi proposto e escrito a respeito de Thomas Kuhn e Popper, não há o que escrever sobre uma metodologia de Feyerabend. Ele não propôs nenhuma, mas há muito que escrever sobre suas idéias de Ciência e sobre suas convicções a respeito dela na sociedade. A intenção desse trabalho é delinear as concepções de Feyerabend sobre a atividade científica. Quero fazer uma análise de idéias, relatos, análises e sua interpretação a respeito da Revolução Copernicana para posteriormente mesclar com a seleção feita das obras de Kuhn. Tentarei fazer uma seleção representativa das idéias gerais desse autor de forma que sua argumentação fique bem concatenada e evidencie seu raciocínio. Porém, evidenciarei melhor os argumentos sobre irracionalidades na Revolução Copernicana, principalmente os trabalhos de Galileu.

Assim, prefiro começar fazendo duas citações que abrem a introdução e o capítulo I do *Contra o Método*. Aliás, o conjunto de títulos dos capítulos representa um resumo do livro caso for escrito em um único texto.

“A Ciência é um empreendimento essencialmente anárquico: o anarquismo teórico é mais humanitário e mais apto a estimular o progresso do que suas alternativas que apregoam a lei e a ordem”  
(FEYERABEND, 2007, p. 30)

“Isto é demonstrado tanto por um exame de episódios históricos tanto quanto por um exame abstrato da relação entre idéia e ação. O único princípio que não inibe o progresso é: tudo vale”  
(FEYERABEND, 2007, p. 37)

Feyerabend argumenta que a Ciência é essencialmente histórica, e por assim ser, é complexa e carregada de interações que não são equacionáveis. Portanto não devemos esperar que uma metodologia dê conta da complexidade da atividade científica. Esta característica histórica da Ciência é evidente para Feyerabend, mas que parece ser ignorada por outros metodólogos, pois ela não está separada de outras áreas do conhecimento humano – como as artes, religião e política – e nem separada das inúmeras e tão inequacionáveis influências sociais que rodeiam a comunidade científica. Soma-se a isso o fato de quem faz a Ciência são seres humanos e que não existe como separar o homem cotidiano do pesquisador, podemos prever o quanto as idiosincrasias e a psicologia de cada um pode influenciar a pesquisa de cada Ciência. Caso a Ciência fosse seguir as regras de uma determinada metodologia, não existiria o progresso, uma vez que qualquer uma delas não é tão abrangente o suficiente para abarcar tamanha complexidade histórica. As regras ou as descrições metodológicas não permitem o progresso. Somente uma saída existe diante dessa dificuldade: a não metodologia.

Para Feyerabend, as propostas metodológicas que existem não podem ser tomadas como regras para a atividade científica, pois assim, elas seriam restritivas e imporiam obstáculos intransponíveis para o progresso científico. Não há uma só regra metodológica que não tenha sido burlada em favor do progresso ou para a sobrevivência de uma velha ou nova teoria. Portanto, o sucesso de um procedimento científico de uma comunidade depende da adaptabilidade, da flexibilidade, do oportunismo e até da desonestidade dos integrantes do grupo ou dos proponentes do procedimento. O progresso somente pode ser garantido caso a comunidade de cientistas e pesquisadores usem de tudo nas suas atividades, ou seja, tudo vale na Ciência.

Esta expressão de Feyerabend, o tudo vale, sempre é recebido com certo espanto por quem entra em contato com suas idéias pela primeira vez. Creio que esta impressão pejorativa nasce se dois fatores, um ligado à nossa

formação inicial e posterior em Ciências e a outra vem de uma má interpretação das idéias de Feyerabend.

A nossa formação inicial em Ciências naturais normalmente se dá com livros didáticos e em salas de aulas com professores que geralmente também se formaram com esses mesmos livros e com lições que foram pautadas neles. Tanto a aula como o professor e o livro têm boa intenção em comum que é nos colocar a parte de todo o conhecimento bem sucedido que forma a Ciência que estamos estudando. O que nos é passado durante os longos anos de ensino básico, ensino superior e, muitas vezes, em nossas próprias pós-graduações é o resultado último de séculos de pesquisa de centenas de homens que se formaram na área que pretendemos atuar. Portanto, nossos livros, os professores e suas aulas nos são a porta de entrada para a Ciência que escolhemos. O que há de coincidente neles? O que há de coincidentes é que todos são geralmente a - históricos.

Esta formação inicial está pautada na pré-concepção de que devemos tomar parte do conhecimento que nossa comunidade usa com eficiência, que é resultado dos esforços de gerações passadas. Raramente tomamos consciência do percurso histórico até ali, das influências externas, dos erros cometidos, das verdades, das mentiras e de quem foram os participantes. A nossa formação em Ciências não nos dá uma visão real e histórica, apenas uma formação técnica. Daí surge a causa do segundo fator.

Quando vemos Feyerabend apregoar o anarquismo metodológico científico levamos um susto ao interpretar que ele propõe uma desordem geral na atividade científica e que esta mensagem vai para o cientista. A mensagem não vai para o cientista, ela vai para o metodólogo! E o “vale tudo” de Feyerabend não é propriamente uma exigência para a Ciência, mas é na realidade uma contraposição aos que apregoam as leis epistemológicas as quais pressupõem que a Ciência deva seguir. A Ciência que é feita, na visão de Feyerabend, já é anárquica e isso é condição para sua evolução. Portanto, o susto que tomamos ao entrar em contato com esta idéia que aparenta ser tão radical somente passará quando olharmos para a história da Ciência, pelo menos sob a ótica de Feyerabend. E é isto o que ele propõe.

O termo irracionalidade surge da comparação do que Feyerabend evidencia na atividade científica – as propagandas, os procedimentos ad hoc e

outros – com as regras e recomendações contidas em várias propostas metodológicas que não permitem tais procedimentos em uma atividade científica. Portanto, o termo “irracional” assume significado relativo: é tudo que não se encaixa nas regras que aparecem nas metodologias.

Para passarmos para uma análise do que Feyerabend considera existir na Ciência e que não se encaixa na categoria de racional, cito o parágrafo final do capítulo I do *Contra o Método*:

“Está claro então que a idéia de um método fixo ou de uma teoria fixa da racionalidade baseia-se em uma concepção demasiada ingênua do homem e de suas circunstâncias sociais. Para os que examinam o rico material fornecido pela história e não têm a intenção de empobrecê-lo a fim de agradar seus baixos instintos, a seu anseio por segurança intelectual na forma de clareza, precisão, ‘objetividade’, e ‘verdade’ ficará claro que há apenas um princípio que pode ser defendido em todas as circunstâncias e em todos os estágios de desenvolvimento humano. É o princípio de que tudo vale” (FEYERABEND, 2007, p.42)

Posteriormente, Feyerabend detalha alguns dos procedimentos que seriam irracionais, e para ele não há necessidade de modificar essa classificação, mesmo porque não fará diferença em sua argumentação. Então o autor pede que:

“... consideremos a regra de que é a ‘experiência’ ou os ‘fatos’, ou os ‘resultados’ experimentais que medem o êxito de nossas teorias, e que a concordância entre os ‘dados’ e teoria favorece a teoria (ou deixa inalterada a situação), ao passo que a discordância a compromete e talvez mesmo nos force a abandoná-la. Essa é uma parte importante de todas as teorias da confirmação” (FEYERABEND, 2007, p.45)

A contra regra disto, como argumenta Feyerabend, nos aconselha então a dotar hipóteses que sejam inconsistentes com as teorias bem sucedidas e altamente confirmadas e/ou com fatos bem estabelecidos. Em relação a adotar hipóteses que não condizem com fatos, Feyerabend argumenta que não há uma só teoria importante, ou mesmo não existiu, que não discordasse com algum fenômeno determinado do seu campo específico de saber.

Ou seja, todas deixam a desejar em relação a pelo menos algum conjunto de fatos. Portanto, não há porque não propor uma hipótese que não corresponda ao conjunto de fatos em seu domínio. O segundo caso, o de levantar hipóteses que sejam inconsistentes com teorias bem confirmadas,

está, na visão de Feyerabend, equivocada. Faz-se necessário levantar tais hipóteses já que, para levantar evidências que refutem a posição ortodoxa, muitas vezes é necessária uma hipótese alternativa. O pesquisador:

“... precisa comparar antes idéias com outras idéias do que com experiências e tem de tentar aperfeiçoar, em vez de descartar, as opções que fracassaram na competição. Procedendo desta maneira manterá as teorias do homem e do cosmos encontradas no Gênese ou no Pimandro e irá usá-la para medir o êxito da teoria da evolução e outras concepções modernas. Pode ser então que ele descubra que a teoria da evolução não é tão boa quanto em geral se supõe, bem como ela deva ser complementada ou inteiramente substituída por uma versão aperfeiçoada do Gênese” (FEYERABEND, 2007, p.46)

A condição de que uma hipótese esteja de acordo com uma dada e vigente teoria, continua Feyerabend, não faz sentido por que ela preserva a mais antiga e não a melhor teoria. Portanto, a proliferação de teorias que não são consistentes com uma teoria bem sucedida é benéfica para a Ciência, pois permite a observação de evidências que não seria possível de outra forma. Ao passo que uma uniformidade teórica não permite uma crítica mais ferrenha da Ciência.

Embora se propale que a atividade científica é regida por apenas uma teoria e que outras concepções que não se ajustam a elas não são consideradas científicas e não têm nada a contribuir com a Ciência e com o crescimento do conhecimento, Feyerabend não concorda com isso. Para ele “Não há nenhuma idéia, por mais antiga e absurda, que não seja capaz de aperfeiçoar nosso conhecimento. Toda história do conhecimento é absorvida na Ciência e usada para o aperfeiçoamento de cada teoria” (FEYERABEND, 2007, p. 63)

Com estas frases Feyerabend abre um capítulo no qual defende o valor de idéias e concepções que não sejam científicas, porém, podem ser usadas para contrastar com ela e a partir daí aperfeiçoá-la de alguma forma. Estas idéias podem ser tomadas do passado ou de qualquer outra fonte: de mitos, preconceitos modernos, elucubrações de especialistas e mesmo de fantasias excêntricas dos loucos (FEYERABEND, 2007, p. 63).

Portanto, o desenvolvimento dos estágios mais recentes de uma teoria científica pode sim se pautar na revisão da história de seu campo de pesquisa. Não há superação completa das idéias do passado. A Ciência, sua história e

sua filosofia se misturam na tentativa de aperfeiçoar o seu “estado mais avançado”. Devemos ter a mesma posição com idéias que não são científicas. (FEYERABEND, 2007, p. 64).

Um dos argumentos mais impactantes da obra de Feyerabend se encontra nesta parte. A proposta de utilizar idéias não científicas para revisar nosso conhecimento, de acordo com o autor, é consequência natural de seus argumentos. Em resposta às críticas que fizeram contra essa proposta, Feyerabend cita dois exemplos interessantes de atividades não científicas que deixam mais claro sua opinião. A primeira remonta à Revolução Copernicana e à crença de Copérnico nas concepções “absurdas” de Pitágoras sobre salvar as aparências dos movimentos celestes.

“Progresso foi muitas vezes obtidos por meio de uma ‘crítica com base no passado’ precisamente da espécie rejeitada por ela [Dra. Hesse, uma de seus críticos]. Depois de Aristóteles e Ptolomeu, a idéia de que a Terra se move, essa ‘estranha’, ‘antiga’ e ‘inteiramente ridícula’ noção pitagórica – foi jogada no lixo da história apenas para ser revivida por Copérnico e por ele forjada em uma arma para vencer os que a tinham derrotado” (FEYERABEND, 2007, p. 65).

O famoso exemplo onde o autor cita o Vudu e que muitas vezes é mal interpretado nasce da resposta às mesmas críticas.

“... nenhuma idéia é jamais examinada em todas as suas ramificações e a nenhuma concepção são jamais dadas todas as oportunidades que merece. Teorias são abandonadas e substituídas por explicações que estão mais de acordo com a moda muito antes de terem tido a oportunidade de mostrar suas virtudes. Além disso, doutrinas antigas e mitos ‘primitivos’ só parecem estranhos e sem sentido porque a informação que encerram ou não é conhecida ou é distorcida por filólogos ou antropólogos não familiarizados com os mais simples conhecimentos físicos, médicos ou astronômicos. O Vudu (...) é um exemplo característico. Ninguém o conhece todos os citam como paradigma de atraso e confusão. Não obstante, o Vudu tem uma base material firme, embora não suficientemente compreendida, e um estudo de suas manifestações pode ser empregado para enriquecer e talvez mesmo revisar nosso conhecimento de fisiologia” (FEYERABEND, 2007, p. 66)

Na opinião de Feyerabend, a Ciência deve buscar (como já o faz, embora normalmente não se assuma) o embate com as “doutrinas primitivas” e idéias “excêntricas” do passado, pois estas não estão superadas e não são desprovidas do potencial de auxílio para a Ciência. Contudo, por vezes a

Ciência especializada se torna tão impermeável e inflexível que não existem meios internos de se permitir a intervenção de fontes não científicas. Essa rigidez da Ciência muitas vezes tem de se quebrada por entidades não científicas que tenham poder para superar as mais poderosas instituições científicas.

“Exemplos disso são a Igreja, um Estado, um partido político, o descontentamento público ou o dinheiro: o elemento mais capaz de levar um cientista moderno a abandonar aquilo que sua ‘consciência científica’ lhe diz que deve perseguir ainda é o dólar (ou mais recentemente o franco suíço)” (FEYERABEND, 2007, p. 69)

Podem existir dois tipos de desacordo das teorias com os fatos: os desacordos numéricos e os qualitativos. E não há nenhuma teoria que não tenha um desses desacordos, contudo a culpada nem sempre é a teoria:

“Os fatos são instituídos por ideologias mais antigas e um conflito entre fatos e teorias pode ser uma prova de progresso. Tal conflito constitui um primeiro passo em nossa tentativa de encontrar os princípios implícitos em noções observacionais familiares” (FEYERABEND, 2007, p. 71)

O primeiro tipo de desacordo inunda toda a história da Ciência. A teoria prediz um valor, é feita a medida e a diferença que se obtém entre o valor predito e o realmente medido é maior que a margem de erro. A teoria copernicana era tão inconsistente com os fatos que Galileu precisou considerá-la falsa (FEYERABEND, 2007, p. 71). O que não impediu que Galileu defendesse sua visão copernicana perante os debates com os ptolomaicos. As falhas qualitativas são aquelas facilmente reconhecíveis e familiares a todos, ao contrário das falhas numéricas que requerem aparelhos precisos e somente são acessíveis aos especialistas.

O copernicanismo também sofria desse problema à medida que ele não correspondia aos fatos e suas previsões não satisfaziam às medidas. As evidências observacionais, ou os fatos, que acusavam o copernicanismo de falsidade e incompetência eram inúmeras e fizeram com que seus defensores, entre eles Galileu, tomassem atitudes “anti-científicas”, como proposições *ad hoc*. Mas, na visão de Feyerabend, essas atitudes dentro da Ciência moderna são tão comuns que não há como dizer o que seria da Ciência sem elas:

“Na física matemática moderna são abundantes as aproximações *ad hoc*. Elas desempenham um papel muito importante na teoria quântica dos campos e são componentes essenciais do princípio da correspondência. No momento não estamos preocupados com suas conseqüências; as aproximações *ad hoc* ocultam e até eliminam as dificuldades qualitativas. Criam uma impressão falsa de excelência de nossa Ciência. Seque-se que um filósofo que deseja elaborar uma metodologia científica realista tem de examinar a Ciência moderna com especial cuidado. Na maioria dos casos, a Ciência moderna é mais opaca e muito mais enganosa que suas ancestrais do século XVI e XVII” (FEYERABEND, 2007, p. 83)

Um argumento muito importante no desenvolvimento de Feyerabend, porém um tanto complexo, diz respeito às “teorias”, “fatos” e “resultados observacionais” e a distinção que é feita desses termos dentro das metodologias. As regras metodológicas propostas até agora nos falam desses entes como se fossem coisas separáveis, facilmente analisáveis e uniformemente compreendidas por todos. Porém, o que o cientista tem (suas leis, teorias, sua atitude diante de sua Ciência, seus resultados experimentais ou suas observações) não são completamente separáveis do plano de fundo histórico que subjaz à sua atividade.

“Estão contaminados por princípio que o cientista não conhece e, se conhecido, seriam completamente difíceis de testar. Idéias questionáveis a respeito da cognição tal como a de que nossos sentidos, usados em condições normais, dão informações reais a respeito do mundo. Podem invadir a própria linguagem observacional constituindo tanto os termos observacionais quanto a distinção entre aparência verídica e ilusória. Em conseqüências, linguagens observacionais podem ficar presas a camadas mais velhas de especulação que afetam de maneira indireta, mesmo a metodologia mais progressiva (...). A impressão sensorial, por mais simples que seja contém um componente que expressa a reação fisiológica do organismo perceptor e não tem correlato objetivo. Esse componente ‘subjetivo’ funde-se amiúde com restante e forma um todo não estruturado que deve ser subdividido partindo-se do exterior com auxílio de procedimentos contra-indutivos” (FEYERABEND, 2007, p. 86)

Em última instância, devemos considerar as ditas “Ciências auxiliares” que permeiam qualquer conclusão testável e qualquer resultado expresso de uma observação. O caso da hipótese copernicana, conforme Feyerabend, traz um exemplo dessa situação. Para ele o copernicanismo, desde sua invenção, defesa e justificação vão contra quase tudo que podemos chamar de metodológico. A hipótese da movimentação da Terra requeria uma

contradição de uma concepção mecânica, vigente então, dos movimentos dos corpos – principalmente sobre o movimento da Terra. Quem não seria capaz de perceber a mínima movimentação da Terra?.

Observações telescópicas que foram usadas para disseminar o heliocentrismo pré-assumiam leis meteorológicas, leis da óptica tratando sobre o olho juntamente com o comportamento da luz. O mais importante é que as observações realizadas com o auxílio do telescópio nasceram em uma época onde a concepção da relação entre observação de objetos e objetos propriamente era a mais simples possível, subentendendo que o que se vê é exatamente o que existe.

Todas essas circunstâncias, continua o autor, não nos permitem dizer com categoria que se uma teoria não concorda com os “fatos” esta deve se descartada. A culpa pode não ser da teoria. Diante dessas circunstâncias que cercam a atividade de avaliação da corroboração dos fatos com a teoria é possível dizer que, caso não exista corroboração, a culpa pode ser das evidências.

“A teoria é ameaçada porque a evidência ou contém sensações não analisadas que correspondem apenas parcialmente os processos externos, ou porque é apresentada em termos de concepções antiquadas, ou porque é avaliada com o auxílio de disciplinas auxiliares atrasadas. A teoria copernicana encontrava-se em dificuldades por todas essas razões” (FEYERABEND, 2007, p. 87)

Concluindo o raciocínio, Feyerabend pede para observarmos que o caráter histórico-filosófico da evidência não permite que a interpretemos como a descrição de um estado das coisas objetivas, mas extremamente subjetivas e ligadas a concepções obscuras e de complicado acesso. Não podemos permitir que metodologias ditem as regras nas quais as evidências reinam sobre nossas teorias, e também não podemos crer que elas possam fazer isto, sem antes analisarmos extensamente os próprios fatos. Portanto, a discordância de nossas teorias com o mundo pode gerar novas teorias fecundas e instrutivas, como o que realmente acontece historicamente.

Em uma revisão dos procedimentos que Copérnico utilizou para reformar a Astronomia e quais foram seus motivos e receios, Feyerabend

começa citando uma passagem do *Commentariolus* em que Copérnico expõe o que lhe incomodava na Astronomia ptolomaica:

“As teorias planetárias e da maioria de outros astrônomos... pareciam... apresentar dificuldades nada pequenas. Com efeito, essas teorias não eram adequadas a menos que certos equantes fossem concebidos; parecia então que um certo planeta não se movia com velocidade uniforme nem ao longo de próprio deferente nem relativamente a um centro real... tendo ficado a par desses defeitos ponderei, freqüentemente, se se poderia encontrar um arranjo mais razoável de círculos dos quais todas as desigualdades aparentes pudessem ser derivadas e no qual tudo se movesse uniformemente ao redor de seu próprio centro, como exigia a regra do movimento realizado...” (FEYERABEND, 2007, p. 197)

Copérnico não questiona, e nem se sente inconformado com a adequação empírica do modelo ptolomaico. Pelo contrário, na visão dele o modelo é até consistente com os dados numéricos das posições dos planetas, e nem se sente infeliz com os dados numéricos, uma vez que ele também utiliza os dados numéricos da antiguidade para também construir seu modelo (*Contra o Método*, p. 198). A razão para o descontentamento reside em outro aspecto do sistema geocêntrico.

Para Copérnico existem dois tipos de movimentos planetários, os “aparentes” e os “reais”. Os movimentos dos planetas observados da Terra, contendo seus movimentos progressivos e retrógrados, são movimentos aparentes. Portanto, na opinião copernicana, mesmo que o sistema ptolomaico representasse satisfatoriamente as posições planetárias, ele não poderia ser tomado como realístico, representativo dos movimentos reais dos planetas, pois ele não era baseado, a seu ver, em movimentos circulares com velocidades constantes ao redor de um centro. Estes movimentos seriam os movimentos reais dos planetas, qualquer outra forma de deslocamento observado no céu seria meramente aparente.

Este pressuposto copernicano era violado por Ptolomeu, pois seu sistema possuía equantes e não poderia ser levado a sério como descritor dos movimentos reais. Um segundo pressuposto é que a Terra deve participar dos movimentos dos planetas deixando a posição de imobilidade para o Sol. Esta harmonia dos planetas, girando ao redor do Sol, é que faria outro conjunto de movimentos aparentes, como a rotação da esfera das estrelas e a mudança da posição do Sol ao longo do Zodíaco.

Em relação a estes dois pressupostos, Ptolomeu falha, e, portanto, é neles que Copérnico encontra força para requerer a reforma da Astronomia.

“Copérnico reforça o segundo pressuposto da realidade fazendo a referência a tradições como a hermética e a idéia do papel excepcional do Sol e mostrando como poderia ser reconciliado com os fenômenos. Ele fez duas suposições. Primeiro, que o movimento de um corpo é apropriado a sua forma. A Terra é esférica, logo, seu movimento deve ser circular. Segundo, objetos como uma pedra permanecem com o corpo (a Terra) do qual foram separados - assim, a pedra que cai permanece perto da Torre. De acordo com Aristóteles, o movimento natural dos objetos, isto é, o movimento ascendente do fogo e o movimento descendente das pedras, era determinado pela estrutura do espaço (simetria central). De acordo com Copérnico, é determinado pela distribuição de matéria. Copérnico salva os fenômenos, como a queda livre dos corpos pesados, mas não fornece nem argumentos independentes nem leis rigorosas que pudessem levar a uma comparação detalhada. Seu procedimento é ad hoc. Isto não significa que seja mal, apenas que não pode ser reconciliado com as principais metodologias dos dias de hoje” (FEYERABEND, 2007, p. 201)

Feyerabend promove uma comparação desses fatos que permeavam a Revolução Copernicana com algumas concepções de filosofia da Ciência populares e coloca para cada uma delas suas objeções. A primeira é de que a Revolução Copernicana nasceu como a primeira proposta empírica e que, anteriormente a Copérnico, o conhecimento astronômico era retirado da Bíblia e autoridades antigas. Ou então, como um refinamento dessas idéias, a de que novas observações forçaram os astrônomos a modificar uma teoria que já era empírica. Como resposta basta dizer que Ptolomeu já utilizava dados cuidadosamente coletados. E para a segunda, que o que impulsionou Copérnico a reformar a Astronomia não foi a inadequação empírica, mas foram razões teóricas completamente divergentes dos dados. Tanto é que os dados utilizados por Copérnico são essencialmente os mesmos do seu predecessor. (FEYERABEND, 2007, p. 205)

“Comparações modernas de predições copernicanas e ptolomaicas ‘com os fatos’, isto é, com cálculos dos séculos XIX e XX, mostram, além disso, que as predições empíricas não melhoraram e, de fato, se tornaram piores quando os sistemas rivais são restritos aos mesmos números de parâmetros” (FEYERABEND, 2007, p. 205)

O falseacionismo também é exposto por Feyerabend. A afirmação que novas observações refutaram os antigos pressupostos contidos na Astronomia

geocêntrica não tem fundamento, pois não houve nenhum falseamento ou uma refutação essencial ao geocentrismo. Pelo contrário, existiam muito mais com relação à Copérnico:

“A ‘refutação’ da imutabilidade dos céus não foi nem convincente nem decisiva para o problema do movimento da Terra. Além disso, a idéia do movimento da Terra encontrava-se em grandes dificuldades ou, se quisermos, ‘refutada’. Podia sobreviver somente se fosse tratada com generosidade. Mas se ela poderia ser tratada com generosidade, então o velho sistema também podia” (FEYERABEND, 2007, p. 205)

#### **4.2 O Argumento da Torre - como Galileu “desarmou” (e não “refutou”) a idéia de movimento da Terra.**

Um dos grandes argumentos dos que acreditavam na imobilidade da Terra, que é de origem mecânica e de natureza completamente observacional, é o argumento da Torre. De acordo com este argumento, uma pedra que é solta do topo de uma torre somente cai ao pé dela por que a Torre e a Terra estão paradas, em uma espécie de repouso absoluto e não possuem nenhum tipo de movimento. Caso, conforme este raciocínio, a Terra se movesse a pedra não cairia em sua base, mas a Terra seguiria em seu movimento e deixaria a pedra para trás centenas de metros enquanto ela caia.

Feyerabend refere-se a este argumento como sendo completamente observacional porque a conclusão que tiramos desse argumento tem origem sensorial, é resultado da observação direta dos movimentos dos objetos que caem, e está de acordo com a mecânica vigente na época de Galileu. Durante muito tempo este argumento foi um dos motivos de quase todos interessados em Ciência, não só especialistas aristotélicos, rir-se de quem levava a sério a proposta copernicana, pois ela apresentava não só problemas mostrados pelo argumento da Torre, mas muitos outros. De acordo com esse argumento:

“corpos pesados... caem em linha reta e vertical até a superfície da Terra. Esse é considerado um argumento irrefutável em favor da imobilidade da Terra. Com efeito, se esta efetuasse uma rotação diária, uma torre de cujo topo se deixasse cair uma pedra, sendo carregada pelo giro da terra, se deslocaria centenas de metros para leste durante o tempo que a pedra consumiria em sua queda, e a pedra deveria tocar o solo àquela distância da base da torre.” (FEYERABEND, 2007, p. 90)

Ao considerar este argumento, Galileu reconhece imediatamente o conteúdo sensorial da observação feita, a saber, que “corpos pesados... ao cair, deslocam-se perpendicularmente à superfície da Terra” e isola-o de forma a construir sua refutação a partir deste ponto (FEYERABEND. p. 91). Para ele o fato de observarmos corpos caindo paralelamente à torre não constitui razão para desacreditarmos a mobilidade da Terra. Como muitos dos seus críticos enfatizavam esta observação a ponto de argumentarem o ridículo que uma menção de movimento da Terra era para a física do século XVII, Galileu retruca dizendo que ele:

Gostaria que Chiaramonti não se desse ao trabalho de tentar fazer-nos entender, com base em nossos sentidos, que esse movimento de queda dos corpos é simplesmente movimento retilíneo e nenhum outro, que ele não se zangasse nem se queixasse por ser colocada em questão uma coisa tão clara, óbvia e manifesta. Com efeito, ele dá assim a impressão de acreditar, para os que dizem que tal movimento não é absolutamente retilíneo mas, ao contrário, circular que lhes parece que vêm a pedra mover-se visivelmente num arco, já que recorre aos sentidos deles, em vez de à sua razão, para esclarecer esse efeito. Não é o caso, Simplicio; pois assim como jamais vi, e nem espero ver, a pedra cair de outra forma que não seja perpendicularmente, assim acredito que pareça aos olhos de todos os demais. É melhor, portanto, pôr de lado a aparência, a cujo respeito todos concordamos, e usar o poder da razão, seja para confirmar sua realidade, seja para revelar sua falácia. (FEYERABEND, 2007, p. 91)

Feyerabend destaca que neste argumento de Galileu, o que está em questão não é a validade da observação, mas sim sua “*realidade*” ou sua “*falácia*”. O que significa esses termos para Galileu? Ele cita, para se explicitar, um exemplo:

...a partir do qual pode-se ficar sabendo quão facilmente alguém pode ser enganado pela simples aparência, ou, digamos, pelas impressões de seus sentidos. Esse evento é a impressão que têm os que andam em uma rua à noite, de serem seguidos pela Lua com passos iguais aos seus, ao vê-la deslizando por entre os beirais dos telhados. Aí ela lhes parece como lhe aparentaria um gato correndo de fato ao longo das telhas e deixando-as atrás de si; uma aparência que, se a razão não interviesse, muito obviamente enganaria os sentidos. (FEYERABEND, 2007, p. 92)

Não há exemplo mais feliz do que este escolhido por Galileu para começar sua argumentação a respeito da verdade sobre as observações, e iniciar o trabalho de minar os argumentos contrários ao copernicanismo.

Mesmo em sua época o deslocamento da Lua nunca foi considerado um movimento real, mas sim aparente.

Nele somos convidados a analisar uma impressão sensorial e considerar um enunciado vigorosamente sugerido por ela: a Lua nos segue durante a noite. Mas a “razão intervém”; segundo Galileu, o enunciado é examinado e, então, consideram-se outros enunciados em seu lugar. Perceba que ele não oferece uma modificação da natureza dessa impressão. Ela não é alterada, porém, essa impressão penetra em novos enunciados observacionais e desempenha papéis novos em nosso conhecimento. (FEYERABEND, 2007, p. 92)

Galileu mostra, com esse exemplo, que as mensagens dos sentidos não devem ser analisadas novamente, mas o que deve ser revisto são os enunciados observacionais que fazemos delas. Propõe, então, uma reinterpretação observacional do argumento da Torre, que não refuta a interpretação anterior, mas que dá um novo papel ao argumento em novas noções observacionais. O que Galileu faz não é uma refutação, mas uma troca dessas interpretações; daí origina-se a força do argumento da torre.

Ora, a força de um “argumento com base na observação” deriva do fato de que as conclusões observacionais que se fazem estão firmemente ligadas às aparências, ligadas as evidências oriundas dos sentidos. Dessa forma, produzir um enunciado observacional requer dois eventos psicologicamente diferentes: uma sensação clara e inequívoca e uma conexão clara e inequívoca entre essa sensação e partes de uma linguagem. Galileu percebe, então, que a chave para o argumento da Torre deixar de ser um argumento decisivo para concepção copernicana está na troca ou modificação do conceito de movimento. Portanto, o argumento da Torre, de que corpos que caem fazem de modo sempre vertical, somente refutará o sistema copernicano, caso o conceito de movimento nas duas concepções forem os mesmos.

Como diz o próprio Galileu, a linguagem cotidiana do século XVII admite o caráter “operativo” de todo o movimento, ou seja, todo movimento é percebido de alguma forma. E isso não é feito explicitamente, mas é implicitamente verificável. Ou seja, todos os movimentos são perceptíveis e verificáveis, mesmo admitindo, por razões obscuras, que existem exceções:

movimentos ilusórios (como o da Lua), movimentos não perceptíveis (como movimento de objetos dentro de um carro em viagem), etc.

Nestas condições podemos assumir certa inconsistência ou indefinição no conceito de movimento do século XVII, mas isso é verdade ao olharmos esta situação do nosso ponto de vista e após os trabalhos de Galileu. Porém, não é das exceções que o argumento da Torre deriva sua força, mas é do caso paradigmático do movimento da Terra. Neste caso é improvável que haja engano quanto à verificação desse movimento. Como seria possível deixar de perceber o movimento de uma grande porção de matéria como a Terra?! Como poderíamos deixar de perceber que uma pedra que cai percorre uma extensa trajetória no espaço?!

Portanto, no ponto de vista da linguagem e do pensamento do século XVII, o argumento é intocável e totalmente convincente. Qualquer um, por mais leigo que fosse, poderia compreender os movimentos de objetos do nosso cotidiano, mas ninguém admitiria o movimento imperceptível da Terra. O argumento das pedras caindo parece refutar o sistema Copernicano, mas o que Galileu percebe é que essa “desvantagem” surge da presença de interpretações naturais que precisam de modificações. Daí, então, Galileu isola essas interpretações naturais e introduz suas modificações no conceito de movimento e inaugura novas conclusões observacionais.

As novas interpretações naturais constituem uma linguagem observacional nova e altamente abstrata. São introduzidas e ocultadas, de modo que não se percebe a mudança havida (métodos da anamnese). Elas contêm a idéia da relatividade de todo o movimento e a Lei da Inércia Circular.(FEYERABEND, 2007, p.103)

Como Galileu procede ao introduzir essa nova interpretação natural? Ele o faz usando truques psicológicos e argumentação “pesada”. Ele nos lembra que o caráter não-operativo do movimento compartilhado, aqueles que não são observados e detectados pelo fato do observador e objeto estarem dividindo o mesmo movimento, é tão evidente e firmemente acreditado quanto à idéia do caráter operativo de todo o movimento o é. Citando uma fala de Feyerabend que expressa a visão desse autor a respeito dessa tática:

“Galileu substitui uma interpretação natural por outra muito diferente e, até então (1630), pelo menos parcialmente não-natural. Como procede ele? Como consegue introduzir asserções absurdas e contra-indutivas, como a asserção de que a Terra se move, todavia obtendo para elas considerações justas e atentas? Pode-se prever que argumentos não serão suficientes – uma limitação interessante e importantíssima do racionalismo – bem como que as asserções de Galileu, na verdade são apenas na aparência argumentos. Com efeito Galileu usa propaganda. Usa truques psicológicos, além de quaisquer razões intelectuais que tenha a oferecer. Esses truques psicológicos são muito bem-sucedidos: conduzem-no a vitória” (FEYERABEND, 2007, p. 103)

O caráter não-operativo do movimento é explicitado por Galileu ao citar vários exemplos cotidianos de fenômenos cinemáticos.

**Salviati:**... Imagine-se em um navio, com olhos fixos em um ponto da verga da vela. Pensa você que, visto estar o barco movendo-se rapidamente, terá de mover os olhos a fim de manter sua visão fixa naquele ponto da vela e seguir seu movimento?

**Simplício:** Estou seguro de que não precisarei fazer movimento algum; não apenas com respeito à minha visão, mas se tivesse apontado um mosquete, jamais precisaria mover um fio de cabelo para mantê-lo apontado, não importa como se movesse o barco.

**Salviati:** E isso ocorre porque o movimento que o barco confere à verga da vela confere também a você e a seus olhos, de modo que você não precisa movê-los nem um pouco para fixar o topo da verga, que conseqüentemente, parece-lhe imóvel... (FEYERABEND, 2007, p. 105)

Perceba como a estrutura desse exemplo nos incita a concluir que já sabíamos conscientemente da existência de movimentos não-operativos: Simplício, o personagem pejorativamente configurado na obra de Galileu como um aristotélico, assume por si só que existem sim estes movimentos. E de forma bem persuasiva, características permitida pela forma que Galileu apresenta suas idéias e argumentos, diante de um diálogo; ele vai reforçando seus argumentos com outros exemplos. “E é claro que essas situações levam a um conceito não-operativo de movimento, mesmo nos limites do senso comum” (FEYERABEND, 2007, p. 106)

A segunda idéia, a do caráter operativo de todo movimento, fica evidente no movimento de objetos em relação à Terra. Porém, estas situações não apresentavam a mesma natureza conceitual dos movimentos citados para fundamentar a concepção anterior, pois:

“...o senso comum, e com isso me refiro-me ao senso comum da artefice italiano do século XVII, também contém a idéia do caráter operativo de todo o movimento. Essa última idéia surge quando um objeto limitado, que não tem um número excessivo de partes, move-se em um ambiente amplo e estável; por exemplo quando um camelo trota pelo deserto ou quando uma pedra cai de uma torre.” (FEYERABEND, 2007, p. 106)

Porém, o que Galileu faz com as duas idéias para desarmar o argumento da Terra é

“Transferir esse argumento para o girar da Terra e para a pedra colocada no topo da Torre, cujo o movimento você não pode discernir porque, em comum com a pedra, você tem da Terra o movimento requerido para seguir a Terra; você não precisa mover seus olhos. A seguir, se você acrescentar à pedra o movimento para baixo que é peculiar a ela e não compartilhar por você, e o qual está combinado com esse movimento circular, a porção circular do movimento, que é comum à pedra e ao olho, continuará a ser imperceptível. Somente o movimento retilíneo é perceptível, pois para segui-lo, você precisa mover seus olhos para baixo.”

A essência do argumento de Galileu é, então, confundir as duas situações completamente distintas: movimentos relativos de objetos dentro de barcos, carruagens e etc.; e o movimento de objetos em relação a Terra, que não seria relativo. Assim, com a permissão de aplicarmos a primeira noção de movimento ao segundo caso, começamos a confusão de colocar o relativismo dos movimentos até mesmo à Terra. Galileu conclui que todos os eventos, pelos quais ordinariamente se sustenta que a Terra está imóvel e o Sol e as estrelas fixas estão se movendo, apareceriam necessariamente da mesma maneira para nós se a Terra se movesse e os demais permanecessem imóveis.

“... todos os eventos terrestres, pelos quais ordinariamente se sustenta que a Terra está imóvel e o Sol e as estrelas fixas estão se movendo, apareceriam da mesma forma para nós se a Terra se movesse e as demais permanecessem imóveis. (FEYERABEND, 2007, p. 107)

O que há é uma mudança no sistema conceitual de movimento e, por consequência uma mudança nas interpretações das coisas observadas. Dessa forma um experimento que era usado para provar a imobilidade da Terra, passa a ser um experimento que não tem mais validade como prova, e não serve de argumento anti-copernicano: Galileu simplesmente desarma o

argumento. Mas, pelo menos na época de Galileu, o movimento da Terra seria perceptível e a relatividade proposta por ele era um absurdo.

Dessa forma, as noções aristotélicas tomaram força e se tornou um paradigma muito bem firmado. Contudo, para Galileu atingir seu intento, seria necessário assumir a relatividade para todos os fenômenos. A tática usada por ele é nos dizer e conseqüentemente nos causar a impressão de que já sabíamos disso, mas que apenas não a utilizávamos para a Terra, que isto não tem nada de inovador e que não causa nenhum tipo de desconforto nas concepções de senso comum: “Essa impressão é certamente errônea: é o resultado das maquinações propagandísticas de Galileu” (FEYERABEND, 2007, p. 112)

O que Galileu fez até esse momento é explicar cinematicamente, de uma forma muito estranha, porque uma pedra que cai de uma torre atinge exatamente a base dela e por quais razões não percebemos o seu movimento circular, notando apenas o movimento vertical para baixo. Porém, ainda falta explicar o fato de a pedra realmente não ficar para trás.

Deve-se notar que no pensamento cotidiano da época de Galileu os movimentos ou eram naturais (movimentos devidos às composições materiais dos corpos), ou eram movimentos forçados por uma causa externa. Caso a causa externa deixasse de atuar sobre o corpo, a tendência do corpo era a de atingir o repouso, que era o estado natural do corpo. Um carro de mão que deixasse de ser impulsionado pelo trabalhador atingiria o estado de repouso, pois o estado natural seria o repouso e a causa externa haveria cessado.

Portanto não bastava apenas “explicar” o porquê de não percebermos o movimento da pedra em arco e percebermos apenas o movimento vertical, mas para que todo o argumento fosse desarmado, era necessário justificar o movimento da pedra em trajetória circular juntamente com a Terra, mesmo depois de sair das mãos do experimentador em cima da torre.

“Assim, o princípio de relatividade [que se aplica a Terra] precisa ser combinado com uma nova lei de inércia de maneira tal que o movimento da Terra possa continuar a ser afirmado. Vê-se imediatamente que a seguinte lei, que denominarei o princípio da inércia circular, fornece a solução requerida: um objeto que se move ao redor do centro da Terra com certa velocidade angular em uma esfera livre de atrito continuará a mover-se para sempre com essa mesma velocidade angular” (FEYERABEND, 2007, p. 113)

Então, para essa explicação, sem nenhum apoio observacional independente, Galileu introduz o que Feyerabend chama de inércia circular: um corpo que esteja se movendo em movimento circular uniforme ao redor da Terra sem a atuação de atrito continuará esse movimento indefinidamente. É importante essa observação porque Galileu utiliza essa sua lei sem nenhum tipo de apoio observacional e confia apenas na sua própria argumentação para impor a veracidade de sua lei:

**Simplicio:** Então você não fez nenhuma centena de testes, ou mesmo um? E, contudo, afirma francamente que isso está certo?  
**Salviati:** Tenho certeza, sem experimentação, de que o efeito acontecerá como lhe digo, porque tem de ocorrer dessa maneira; e poderia acrescentar que você também sabe que não poderia ocorrer de outra maneira, não importa quanto pretenda não sabê-lo... Mas sou tão hábil em questionar pessoas que o farei admitir isso apesar de si mesmo. (FEYERABEND, 2007, p. 114)

Passo a passo, Simplicio é forçado a admitir que um corpo movendo-se sem atrito em uma esfera concêntrica a Terra e executará um movimento sem “limites” e “perpétuo”. Galileu chega a esses resultados por insistência que consiste em fazer parecer familiar uma coisa que na realidade não é. Galileu repete constantemente que já sabíamos disso, mas apenas não aplicávamos de forma correta. Propagandas Galileanas!

O que o Simplicio aceita, o caráter não-operativo do movimento compartilhado e a Lei da Inércia circular, não advém da observação em experimentos e nem de teorias corroboradas (FEYERABEND, 2007, p.115). O que Galileu propõe são sugestões novas e arriscadas, que exigem um grande salto de imaginação. A nova física de Galileu pretende substituir dinâmica aristotélica que era tão bem fundamentada experimentalmente.

#### **4.3 As observações telescópicas - como Galileu se apóia nas observações telescópicas para corroborar o sistema copernicano.**

Galileu deixa claro em seus estudos que a sua preferência pelo sistema copernicano não tem origem racional ou de alguma origem crítica dos fatos novos, nem mesmo observáveis, que supostamente ofereciam apoio indutivo

ao sistema copernicano. Pelo contrário, ele enfatiza de um modo muito diplomático que as razões pelas quais os aristotélicos se fundamentavam ao afirmar a imobilidade da Terra são de grande força e que o copernicanismo é refutado pelos fatos tão facilmente percebidos, mas elogia Aristarco e Copérnico por terem ignorado as sensações e persistido mesmo diante de tantas refutações. Nesse sentido,

“Além das interpretações naturais, Galileu altera também as sensações que parecem ameaçar a teoria de Copérnico. Ele admite que há tais sensações, louva Copérnico por tê-las ignorado e afirma tê-las eliminado com o auxílio do telescópio. Contudo, não oferece razões teóricas pelos quais se deveria esperar que o telescópio fornecesse um retrato verdadeiro do céu” (FEYERABEND, 2007, p. 119)

Mesmo estando eles confrontados com a implausibilidades do geocentrismo, Galileu declara que Copérnico e Aristarco “fizeram, por pura força de intelecto, tal violência aos seus próprios sentidos a ponto de preferirem o que a razão lhes dizia em vez daquilo que a experiência sensível claramente lhes mostrava ser o contrário” (FEYERABEND, 2007, p. 121). Ele argumenta que os copernicanos confiavam no que suas razões ditavam e os exalta por terem apoiado uma teoria não confirmada pela observação da natureza! Continua, então, os argumentos de Galileu:

... tendo a razão como guia, Copérnico continuou resolutamente a afirmar aquilo que a experiência sensível parecia contradizer... não consigo superar meu assombro por estar ele constantemente disposto a persistir dizendo que Vênus poderia girar ao redor do Sol, e poderia estar seis vezes mais afastado de nós em dado momento do que outro, e todavia parecer sempre igual, quando deveria parecer quarenta vezes maior.  
..Marte, quando próximo a nós... teria de aparecer sessenta vezes maior do que quando está mais distante. Contudo, não se percebe tal diferença. Ao contrário, quando em oposição ao Sol e próximo a nós, ele se mostra apenas quatro ou cinco vezes maior do que quando em conjunção, fica ocultado pelos raios solares. (FEYERABEND, 2007, p. 122)

Contudo, todo esse louvor à fé dos copernicanos em aceitar uma concepção não corroborada parece ser um pretexto interessante para anunciar um novo tipo de observação: o telescópio. O telescópio, para Galileu, é um “sentido superior e mais eficaz” (FEYERABEND, 2007, p. 125) que oferece evidências novas e mais confiáveis para a avaliação das questões

astronômicas. A primeira coisa a ser dita a respeito do uso do telescópio por Galileu, conforme Feyerabend, é que o seu desenvolvimento foi completamente prático, desprovido de qualquer teoria óptica que pudesse dar respaldo a uma possível explicação de seu funcionamento e por tentativas e erros.

A teoria capaz de explicar o funcionamento do telescópio só seria formulada por Kepler depois das primeiras observações astronômicas de Galileu. Em momento algum dos escritos de Galileu observa-se uma teorização capaz de explicar o funcionamento do telescópio, por meio de cálculos matemáticos e através da teoria da refração. A realidade é que ele não tinha conhecimento suficiente de Óptica e não havia conseguido compreender a refração que lhe assegurasse a fidedignidade das observações.

Contudo, as observações que Galileu fazia em terra, de objetos terrestres, eram a grande novidade do mundo culto de sua época. Muitos na época testaram e confirmaram com espanto a utilidade do instrumento. O próprio Galileu salienta as grandes vantagens de se utilizar o telescópio em terra e mar. O sucesso do uso do telescópio para os objetos daqui estava assegurado. Sua utilização para os céus era uma questão completamente distinta.

O problema da visão telescópica para objetos celestes era de duas naturezas. Primeiro, o telescópio que funcionava muito bem para objetos terrestres não apresentaria uma boa descrição do céu necessariamente. Isso é devido à idéia de que os objetos celestes, na época, eram constituídos de uma matéria diferente do material que constituía os objetos terrestres e obedeciam a leis naturais diferentes. Um artefato que fosse bem sucedido na Terra não necessariamente funcionaria bem com as estrelas e outros corpos celestes.

O segundo problema é que os sentidos aplicados em condições anormais são propensos a darem respostas anormais. Ou seja, o sucesso das observações terrestres está ligado à familiarização dos nossos sentidos com esses objetos. As primeiras observações astronômicas foram marcadas pela baixa qualidade das imagens que eram produzidas pelos aparelhos. Aberrações cromáticas, distorções de imagens, duplicidade de objetos eram os obstáculos que os novos observadores teriam que enfrentar. O sucesso assumido e tão divulgado do telescópio para a visualização das coisas terrestres, mesmo sob essas

condições, está ligado ao conhecimento prévio que os observadores tinham dos objetos que estavam vendo por meio do aparelho.

A memória e a noção prévia do que está sendo visto são usados para discernir o que é do objeto do que é contribuição do telescópio. Isso não pode ocorrer quando se observa um objeto pelo telescópio pela primeira vez sem nenhum tipo de familiarização. Não há como comparar o que já é conhecido com o que está sendo visto e divisar o que é objeto e o que é propriedade do telescópio. Segue um relato, citado por Feyerabend, de Horkey, discípulo de Kepler, de 1610, de um encontro com 24 professores e Galileu para a demonstração de seu telescópio que exemplifica a situação que as observações astronômicas com telescópio se encontravam.

“Não dormi nada nos dias 24 e 25 de abril, nem durante o dia ou durante a noite, mas testei de mil maneiras o instrumento de Galileu, tanto em coisas aqui de baixo quanto naquelas lá de cima. Aqui embaixo, ele funciona maravilhosamente; nos céus, ele nos engana, pois algumas estrelas fixas são vistas duplicadamente. Tenho como testemunhas homens eminentes e nobres doutores... e todos admitiram que o instrumento engana... Isso silenciou Galileu e, no dia 26, ele partiu tristemente, de manhã cedo... nem mesmo tendo agradecido a Magini por seu esplêndido banquete...”  
(FEYERABEND, 2007, p. 133)

Juntam-se às dificuldades psicológicas da observação astronômica, que não eram nada fáceis de serem explicadas, as dificuldades de ordem técnica: pouca prática na observação, pequeno campo de visão do telescópio galileano e a ausência de possibilidade de ajuste do telescópio aos olhos dos homens cultos da época, etc. Considerando-se essas dificuldades, é fácil compreender o porquê dos pobres relatos astronômicos dos primórdios do telescópio e da facilidade com que esses relatos pareciam contraditórios ou ineficientes na descrição dos céus.

Levando em consideração todas essas dificuldades de observação astronômica, não podemos deixar de lado o fato de que a fama do telescópio para as observações de objetos celestes não foi das melhores, de forma que, no mundo culto da época de Galileu, as observações telescópicas não eram consideradas confiáveis. Uma situação no mínimo complicada para ele.

A pergunta que devemos fazer agora é qual a importância do telescópio para o copernicanismo, sendo que, racionalmente, as imagens telescópicas não são consideradas?

“A resposta é que existem fenômenos telescópicos que são claramente copernicanos. Galileu introduz esses fenômenos como evidência independente para Copérnico, embora a situação seja antes a de que uma concepção refutada - o copernicanismo - tem certa similaridade com outra concepção refutada - a idéia de que fenômenos telescópicos são retratos fiéis do céu.” (FEYERABEND, 2007, p. 153)

De acordo com a previsão, a partir da teoria copernicana, Marte e Vênus aproximam-se e afastam-se por um fator 1:6 e 1:8, respectivamente (números aproximados). Portanto, ao calcular as alterações de brilho, Galileu concluiu que deveria ser de 1:40 e 1:60, respectivamente. Porém, as observações a olho nu não mostram essas variações de brilho. Marte varia muito pouco o seu brilho e a variação a olho nu do brilho de Vênus é quase imperceptível. Isso são evidências que contradizem o movimento do planeta ao redor do Sol, um dos muitos problemas que o copernicanismo enfrentava desde sua apresentação por Copérnico.

O telescópio já era tido como instrumento que produzia fenômenos estranhos e novos, muitos dos quais se revelavam ilusórios quando comparados com a observação a o olho nu. Não havia nenhuma razão teórica ou observacional para acreditar e confiar nas observações por meio dele. Mesmo assim, alguns fenômenos observados por Galileu no seu aparelho é de natureza completamente copernicana, a saber, a variação telescópica do brilho dos planetas! De fato, as variações nos brilhos dos planetas ao serem analisados por meio do telescópio apresentam os números esperados e previstos pelo sistema copernicano. (FEYERABEND, 2007, p. 153)

Galileu percebe a oportunidade de aproveitar essa situação de coincidência entre a previsão teórica copernicana e as observações telescópicas e daí, então, surge mais um passo no procedimento galileano: é essa harmonia entre o sistema copernicano e as variações telescópicas dos brilhos dos planetas, que, para Galileu, comprova a veracidade do sistema copernicano e das observações astronômicas. Para ele não importa se existe ou não um conhecimento profundo em óptica ou em cosmologia capaz de

justificar suas conclusões ou mesmo se as duas concepções que ele diz afirmarem-se mutuamente são aceitas. Assim, Galileu procede irracionalmente ao justificar o sistema copernicano com o uso do telescópio e sacramenta o telescópio por concordar com Copérnico, sendo que, para a razão da época, as duas concepções eram falsas!! Não há evidências independentes das idéias, mas a cooperação de duas noções errôneas dá origem a uma teoria “fundamentada”.

Diante dessa exposição da sua leitura a respeito de como o copernicanismo foi defendido por Galileu, Feyerabend diz ao leitor:

“que um estudo pormenorizado de fenômenos históricos como esse cria dificuldades consideráveis para a concepção de que a transição da cosmologia pré-copernicana para aquela do século XVII consistiu na substituição de teorias refutadas por conjecturas mais gerais que explicavam as instâncias refutadoras, faziam novas predições e eram corroboradas por observações realizadas com o fito de testar essas novas predições. E perceberá talvez os méritos de uma concepção diferente, a qual afirma que, ao passo que a Astronomia pré-copernicana encontrava-se em dificuldades (era confrontada com diversas instâncias refutadoras e implausibilidades), a teoria copernicana se encontrava em dificuldades ainda maiores (era confrontada por instâncias refutadoras e implausibilidades ainda mais drásticas), mas estando em harmonia com teorias ainda mais inadequadas, ganhou forças e foi conservada, as refutações sendo tornadas ineficazes por meio de hipóteses ad hoc e engenhosas técnicas de persuasão.” (FEYERABEND, 2007, p. 155)

Enfim, Galileu ao adotar o copernicanismo como sendo uma verdade doutrinária, contrária à razão e à experiência da época, assume nov a defesa da visão de Feyerabend, auto-intitulada de “anarquista”, parte da perspectiva de uma análise histórica das Ciências Naturais, assim como da crítica aos modelos de racionalidade científica propostos pelo positivismo lógico ou pelo falseacionismo de Popper. No que diz respeito à visão de que a Ciência é produto histórico, Feyerabend concorda com Kuhn e inclusive utiliza a noção de paradigma científico, no entanto diverge com relação à necessidade de atrelar a história a teorias. Feyerabend não defende os limites rígidos de nenhum sistema conceitual teórico.

Em *Contra o Método* Feyerabend dedicou nove capítulos para explicar/entender os argumentos de Galileu para a mudança do sistema aristotélico/ptolomaico (geocêntrico) para o sistema copernicano

(heliocêntrico). Esta troca de paradigma, segundo Feyerabend, na realidade não foi necessariamente um avanço, pois na verdade simplesmente retoma a visão de Pitágoras e de Aristarco para o movimento da Terra, o que não representa uma ampliação do conhecimento. Este exemplo, largamente discutido por Feyerabend, demonstra que uma nova teoria não só precisa apontar fatos novos, mas também uma nova linguagem.

Para o autor de *Contra o método*, para que uma nova proposta teórica comece a fazer sentido é preciso tempo, de tal modo que a coerência dependerá de novos fatos e de hipóteses e aproximações ad hoc, e se não pode ser avaliada pela teoria dominante, muito menos pela linguagem da tradição dominante. Levando isso em consideração, se as teorias novas são julgadas pelas antigas, como decidir pela nova, mesmo se essa for melhor que a mais considerada? E neste caso, qual o critério para estabelecer a melhor teoria?

Assim, esse tempo que possibilita a coerência “permite desenvolver a concepção principal em detalhe e encontrar as Ciências auxiliares necessárias”. (FEYERABEND, 2007, p. 166)

Dessa forma, Feyerabend busca um diálogo livre de (pré)conceitos entre os cientistas e os demais componentes da sociedade. Ao mesmo tempo em que busca a construção do conhecimento através de uma Ciência livre, busca também a construção de uma sociedade livre do perigo da “tirania” científica.

## 5. AS IRRACIONALIDADES(?) NA REVOLUÇÃO COPERNICANA

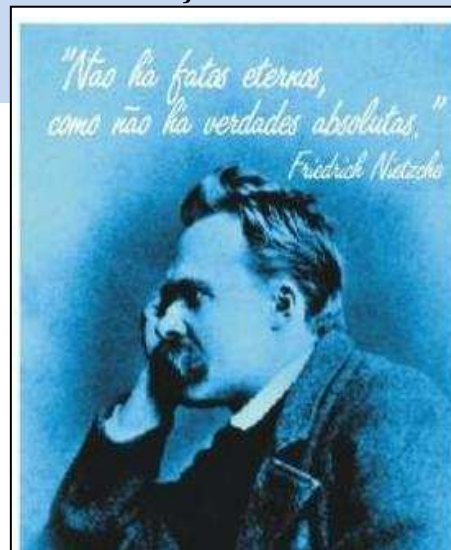


Figura 12 –  
Friedrich Nietzsche

Uma crítica da faculdade do conhecimento não tem sentido: como poderia uma ferramenta criticar a si mesma quando só pode usar a si mesma para a crítica? (*Nietzsche, Vontade de Potência*)

Se a visão de racionalidade da Ciência tem sido assumida por muitos como sendo a “verdade absoluta” na representação do conhecimento da natureza, para outros, esta forma de compreensão da natureza não é apropriada epistemológica e educacionalmente por trazer para este meio uma excessiva formalização que independe do conteúdo.

A publicação do livro de Copérnico *De Revolutionibus Orbitum Celestium*, em 1553, transformou o modo de ver o universo e como se dá a relação do homem com ele. Foi realmente um livro “revolucionário” e suas idéias foram analisadas por muitos pensadores, entre estes Kuhn e Feyerabend, para os quais a construção do conhecimento científico apresenta subjetividades para o primeiro e irracionalidades para o segundo.

Por isso, a comparação entre diferentes elementos do pensamento destes epistemólogos permite observar o que ambos oferecem de contribuições acerca de como se produz mudanças científicas, e o fato de que se admitem discrepâncias entre as observações e as coisas observadas. Assim, a partir das leituras das obras de Kuhn e Feyerabend buscamos sintetizar as linhas gerais do pensamento destes filósofos da Ciência no quadro 1 que segue.

Quadro 1– Características gerais do pensamento de KUHN e FEYERABEND

<b>Kuhn</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Caráter revolucionário do conhecimento científico;</li> <li>– Paradigma– realizações científicas universalmente reconhecidas;</li> <li>– Uma Ciência madura é governada por um único paradigma;</li> <li>– Um fracasso em resolver um problema é visto como um fracasso do cientista e não como uma falta de adequação do paradigma;</li> <li>– A Ciência normal como uma tentativa de resolução de problemas governados pela regra de um paradigma;</li> <li>– A revolução corresponde ao abandono de um paradigma e adoção de um novo pela maioria na comunidade científica, se o paradigma não resolve os problemas que vão surgindo;</li> <li>– O cientista não deve ser crítico com o paradigma que trabalha;</li> <li>– A adesão ao novo paradigma não é imediata;</li> <li>– O novo paradigma será diferente do antigo e incompatível.</li> </ul>
<b>Feyerabend</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– A Ciência deve visar a felicidade e o bem estar dos homens;</li> <li>– Para o progresso são importantes dois princípios: tenacidade e proliferação;</li> <li>– Tenacidade – o cientista se agarra à teoria escolhida, apesar das evidências contrárias;</li> <li>– Proliferação– leva o cientista a criar alternativas novas às teorias já existentes;</li> <li>– A Ciência normal com um único paradigma é um mito que não tem respaldo metodológico nem histórico;</li> <li>– O progresso da Ciência é o resultado da interação de teorias que tentam se desenvolver e simultaneamente se confrontam com outras teorias;</li> <li>– O desenvolvimento das Ciências não pode ser avaliado com um conjunto de idéias fixas e regras racionais, há irracionalidade nos momentos de grandes mudanças;</li> <li>– Feyerabend reclama, justificadamente, que os defensores da Ciência a julgam superior a outras formas de conhecimento sem investigar de forma adequada estas outras formas.</li> </ul>

Fonte: Própria

Um aspecto que chama a atenção é o fato de que ambos, Kuhn e Feyerabend, concordam em que os critérios *a posteriori* são inócuos como justificativas para o desenvolvimento científico. Para eles, as teorias estão fundadas no princípio epistemológico de base, segundo o qual o conhecimento científico jamais atinge uma verdade objetiva, absoluta. Uma leitura em busca de elementos específicos acerca de alguns elementos presentes nestas duas epistemologias possibilitou elaborar o quadro 2 a seguir.

Quadro 2- Concepções sobre a Ciência de Thomas Kuhn e Paul Feyerabend

	KUHN	FEYERABEND
Conceitos fundamentais	Paradigma Revolução científica Ciência Normal Crisis/anomalia Incomensurabilidade <sup>3</sup> Matriz disciplinar	Pluralismos metodológico, filosófico e teórico. Anarquismo metodológico Incomensurabilidade <sup>1</sup> Contra o método
Delimitação da Ciência	A Ciência consolidada possui um único paradigma	A Ciência é apenas uma das formas de conhecimento existente e produto humano
Evolução da Ciência	A mudança de paradigmas ocorre de forma descontínua e a partir das crises/anomalias	TUDO VALE <sup>4</sup>
História da Ciência	A história da Ciência pode ser prejudicial para os estudantes	A história da construção do conhecimento científico comprova o anarquismo epistemológico
Significado das teorias	As teorias possuem compromissos paradigmáticos que podem ser mudados a partir de crises/anomalias	Não existe uma teoria única
Racionalidade	Escolha das dificuldades na Ciência normal	Contra o racionalismo crítico e a favor da contra-indução

Fonte: Própria

Os dados apresentados nestes dois quadros, bem como a leitura dos escritos de Kuhn e Feyerabend sobre a “Revolução Copernicana”, possibilitam fazer uma leitura das visões destes com relação a esta mudança de referencial, e de suas possíveis concordâncias.

<sup>3</sup> O conceito de incomensurabilidade, introduzido em 1962, simultaneamente por Kuhn e Feyerabend, é um dos mais discutidos e criticados no âmbito da filosofia da Ciência. Apesar desta coincidência temporal e terminológica, cada um deles pressupõe contextos teóricos diferentes, o que explica as diferenças entre a incomensurabilidade kuhniana e a feyerabendiana. No entanto, ambos excluem as teses majoritárias do empirismo lógico bem como das posições de Popper e seus discípulos.

<sup>4</sup> “Tudo Vale” não é um preceito epistemológico que incentiva a proliferação de teorias, mas sim a verificação de que nunca houve uma única regra metodológica que tenha sido sempre seguida por toda história da Ciência.

### **5.1. Concordâncias entre Kuhn e Feyerabend acerca da Revolução Copernicana**

A compreensão da teoria copernicana constitui-se num dos alicerces para a formação de uma visão de mundo moderna que contemple o lugar do ser humano no espaço, assim como a produção do conhecimento científico. Nesse sentido, o problema de se levantar as visões desses dois autores a respeito da Revolução Copernicana quanto aos fatores irracionais que permearam a atividade de cientistas que se envolveram nela está um pouco além de confeccionar uma lista desses fatores. E isto que se encontra além dessa listagem é o que me impulsiona a tentar sintetizar estas duas visões. A meu ver, a discussão do que os teóricos dizem a respeito da Revolução Copernicana pode nos levar a uma reconceitualização da Ciência e do cientista, deixando para trás grande parte dos conceitos que adquirimos ao longo de nossa formação.

E, ainda a meu ver, essa reconceitualização desmistifica a imagem de Ciência como um ramo do conhecimento especialmente isolado dos outros e a traz para mais perto de outras áreas, até então mais acessíveis que a Ciência. Pode ser, caso eu esteja correto, que uma revisão feita a partir das compreensões desses dois autores retire das nossas mentes as componentes divinas e mitológicas de grandes homens da Ciência como Einstein, Galileu ou Copérnico e nos possibilite a cogitar em dar nossa grande ou pequena contribuição com nossos modestos cérebros e sem termos sido ainda canonizados pela comunidade científica.

Quem sabe esta nova visão da atividade da Ciência aumente nosso interesse por ela e isto reflita em inúmeras áreas, entre elas a educação e o ensino de Ciências. Neste momento da dissertação, a partir da discussão das idéias desses autores, busca-se sintetizar os resultados que considero importantes. Para isso, destaco: os problemas astronômicos, os problemas físicos e as influências e crenças a respeito da Revolução Copernicana que considero coincidentes na visão dos dois autores. Posteriormente, tentarei conciliar uma das principais interpretações de Kuhn sobre as revoluções científicas com os trabalhos de Galileu na descrição de Feyerabend.

## 5.2. Problemas astronômicos no copernicanismo

O que normalmente esperamos quando estamos estudando uma passagem histórico-científica onde uma teoria substitui outra é que a teoria mais velha entre num mar de problemas que a comunidade não consegue mais solvê-los. Esta visão é oriunda da concepção de que uma teoria sempre abre espaço para outra que seja mais perfeita que a primeira, de tal modo que as sucessoras são sempre soluções para os problemas das teorias mais antigas. Por sua vez, a teoria que substitui a antiga aparece com todas as soluções das inadequações empíricas, excessos de complexidades e de problemas de exatidão e de previsão teórica. Esta parece não ter proposições *ad hoc*, muito menos instâncias falseadoras e normalmente é mais geral, mais rica e explicativa que sua antecessora.

Esta noção progressista que vemos e temos das trocas teóricas pode ser encarado como resultado médio das diversas concepções metodológicas que encontramos nos textos que lemos ao empreender nossos estudos. De forma muito natural estes textos mesclam diversas, e por vezes divergentes, concepções metodológicas da Ciência nos legando a interpretação de que a Ciência se baseia em critérios progressistas e evolutivos para as trocas teóricas. Para um melhor esclarecimento das minhas idéias, estes critérios indicam que uma teoria somente é superior a outra caso atenda certas prescrições metodológicas como as exemplificadas anteriormente.

Gostaria mesmo que estas prescrições metodológicas fossem capazes de orientar e enquadrar toda a atividade científica feita, a que se faz e a que ainda se fará por dois motivos. O primeiro é que ela assim seria claramente mais objetiva e progressista. As trocas teóricas seriam feitas sob condições onde o progresso estaria garantido por uma obediência a certo número de passos metodológicos. O segundo motivo, e o mais importante, é que eu não teria que reformular minha concepção de Ciência que me foi dada, como estou fazendo agora. O que me economizaria um grande trabalho e tempo. (tudo bem que em contrapartida em não teria o motivo de fazer esta pós!) Estaria em uma situação mais segura e confortável quanto as minhas idéias.

Mas isso não é realidade. A Ciência não parecer ser assim. Ela não parece ser metodológica ou mesmo possuir um conjunto padronizado de ações

ou passos científicos que se repita ao longo da história. Remetendo a uma das idéias de Feyerabend que melhor critica esta situação, e que fica bastante clara nos seus escritos, principalmente no *Contra o método*, uma visão metodológica como essa somente se sustenta caso não exista uma perspectiva histórica ou exista uma desinformação ou desconhecimento do próprio processo histórico que estamos estudando.

O mérito desses trabalhos, juntamente com seus possíveis erros, deixo aos dois teóricos. Pode parecer que me entreguei muito facilmente aos autores, mas penso que não há outra forma de se construir uma visão própria de ciência que não seja se baseando em idéias que me pareçam interessantes e, a partir disso, reformular e refinar as minhas próprias. Concebo que é o que se pode fazer em um trabalho final de mestrado. Portanto, minha parte é de apoiar-me nos trabalhos dos autores e retirar uma possibilidade de reformulação do conceito de atividade científica. E a Revolução Copernicana pode ser tomada como exemplo comum desses dois teóricos.

A troca do geocentrismo pelo heliocentrismo, conforme afirma Feyerabend, não foi tão metodológica quanto eu acreditava que tivesse sido. E nela existem muito mais fatores irracionais que foram muito importantes. A regra que determina que uma teoria que se candidata a substituir de outra teoria mais antiga e vigente deve-se adequar de forma melhor e mais seguramente aos fatos não foi seguida na Revolução Copernicana.

Ambos os autores concordam quanto à situação complicada no qual o copernicanismo se encontrava quando o assunto era adequação empírica e exatidão nas previsões dos movimentos celestes. Ele não era melhor que o sistema ptolomaico em termos gerais quanto às vantagens que ele pretendia possuir ao mostrar os movimentos celestes. E também não alçava melhor situação com relação às previsões das posições planetárias ou outros fenômenos celestes.

Em termos técnicos os dois autores concordam que, caso fosse restringidos parâmetros técnicos de comparação entre os dois sistemas, dificilmente poderíamos afirmar que o copernicanismo ganharia mais pontos que o sistema de Ptolomeu. Portanto, a exigência de que o copernicanismo deveria se tornar absolutamente melhor que seu rival sistema ptolomaico foi

burlado na Revolução Copernicana. Ainda bem que isto aconteceu, pois hoje o sistema copernicano faz parte da nossa Astronomia.

Para entender os possíveis desvios metodológicos na Revolução Copernicana, pode-se colocar que o copernicanismo enfrentou grandes dificuldades, quando da sua apresentação, para ser aceito pela comunidade científica da época. A comunidade astronômica da época prezava sim pelos critérios de adequação empírica ou exatidão e isto foi um grande peso colocado pelos astrônomos nas costas dos copernicanos. Concordo plenamente com isto. Mas, se estes preceitos metodológicos não existiam dentre os astrônomos, eles foram burlados, pois, como vimos nas exposições dos dois autores, sobre os quais baseio essas argumentações, o copernicanismo cresceu e se propagou mesmo transgredindo esses preceitos.

E, mesmo existindo alguns que cientistas que transviaram esses preceitos, estes hoje podem levar grandes méritos disto e são conhecidos como exímios cientistas e astrônomos. Entre eles Galileu, conforme os escritos de Feyerabend ao analisar os seus trabalhos. Portanto, no mínimo estas regras metodológicas foram burladas e hoje aplaudimos os cientistas que fizeram isso (Quem nunca ouviu ou leu como o episódio do “*porém, ela se move...*” de Galileu é citado heroicamente como uma grande defesa da Ciência perante a Igreja?!). Isto reforça a perspectiva de Feyerabend contra as padronizações metodológicas.

Sobre as instâncias refutadoras ou falseadoras de uma teoria, conforme as idéias popperianas, espera-se que uma boa teoria tenha uma grande quantidade delas, mas que toda a tentativa de falseação não consiga expô-la. Caso uma teoria nova se proponha a substituir uma antiga, então, ela deve vencer todas as instâncias falseadoras que a antiga teoria venceu e ainda vencer aquelas outras onde a antiga teoria falha. Caso restringjamos nossa análise da Revolução Copernicana apenas à Astronomia, vamos encontrar, dentre outras, uma instância refutadora particularmente especial: a paralaxe estelar. Particularmente especial, pois ela é a única dentro da Astronomia que, caso fosse detectada, seria o grande apoio observacional ao copernicanismo. Isto porque dentro do sistema ptolomaico não existe espaço para este fenômeno, enquanto este fenômeno é predito pelo heliocentrismo, conforme

foi mostrado no capítulo 3, particularmente nas citações retiradas da “*A estruturas das revoluções científicas*” de Kuhn.

No caso especial da paralaxe, os copernicanos aumentaram o tamanho da esfera das estrelas até um ponto tal que os observadores mais exatos e suas técnicas não conseguissem alcançar a precisão necessária para detectar a paralaxe. É ainda mais interessante notarmos a tamanha liberdade que esses astrônomos tinham em fazer aumentar o raio do universo conforme a necessidade de fugir às precisões técnicas dos astrônomos da época. Assim eles mantinham vivas as hipóteses copernicanas.

Mas a paralaxe não foi detectada em épocas próximas às publicações de Copérnico e não foi detectada por muito tempo depois. Durante séculos o copernicanismo ficou sem o apoio desta previsão. Porém, mesmo com este problema sério, os que aderiram ao novo sistema não se intimidaram. A vantagem é que sempre para um problema, uma instância refutadora ou uma previsão não confirmada há uma desculpa a ser dada ou um culpado a ser acusado. Estas saídas são as proposições *ad hoc*, conceituado por Popper e citado tanto por Kuhn quanto por Feyerabend em seus estudos, e condenadas pela maioria das metodologias. No entanto, conforme Kuhn, foi assim que os copernicanos conseguiram manter suas convicções.

Porém, mesmo que as tomadas de proposições *ad hoc* não sejam consideradas passos racionais dentro da Ciência, foi com essa arma que os copernicanos mantiveram e defenderam suas hipóteses perante as críticas de seus contemporâneos. Feyerabend argumenta que as proposições *ad hoc* aparecem muitas vezes dentro da Ciência e possuem papel fundamental no desenvolvimento de teorias como a teoria copernicana. Formulando um questionamento, que também é feito tanto por Kuhn quanto por Feyerabend, tendo como base os trabalhos dos dois autores, cabe levantar a dúvida de se foi positivo para o copernicanismo que a paralaxe estelar fosse comprovada apenas no ano de 1837, muito tempo depois da publicação dos trabalhos de Copérnico. Creio que sim. Então, sou forçado a concluir que os procedimentos irracionais tomados pelos copernicanos resultaram no desenvolvimento de suas idéias.

Em termos de complexidade das duas teorias, Kuhn afirma que uma das principais acusações de Copérnico em relação à Astronomia de Ptolomeu foi

justamente a complexidade que este sistema adquiriu ao longo dos séculos. Para Copérnico, o sistema geocêntrico adquirira tamanha ineficiência nas predições e descrições das posições celestes que era impossível tomar o geocentrismo como verdadeiro. E a reclamação de Copérnico é verdadeira. O sistema que o antecedeu pagou um preço de aumento de complexidade para garantir a exatidão.

Metodologicamente, a troca que Copérnico reclamava com intuito de sanar a complexidade excessiva era, antes de tudo, correta ou, ao menos, bem-vinda. Porém, após todos os ajustes feitos em seu sistema, a reclamação não se sustentava. Conforme Kuhn, Copérnico produzira um sistema tão complexo quanto o anterior. Não havia como escolher entre os dois tomando como base a economia conceitual e a complexidade.

Dessa forma, não apenas os problemas com relação à complexidade não foram sanados, mas também os com relação à exatidão das predições. Tanto Kuhn quanto Feyerabend mostram que, no final das contas, a exatidão da predição das de Copérnico era exatamente a mesma, se não, pior que a de Ptolomeu. O sistema de Copérnico não oferecia vantagem alguma nas previsões das posições dos planetas quando comparado com o seu rival, o que fica claro nas argumentações de Kuhn, principalmente em “*A Revolução Copernicana*”. Contudo, mesmo esses problemas não impediram que alguns dos grandes astrônomos depois de Copérnico e antes de Kepler anunciassem convictamente a superioridade da nova teoria. Galileu foi um desses, um dos grandes propagandistas (termo que tomo emprestado de Feyerabend) dessas supostas superioridades.

### 5.3. Problemas físicos

O quadro de implausibilidades que afetava o copernicanismo não termina por aí. A situação ainda era pior fora da Astronomia. O efeito da paralaxe era restrito somente à própria Astronomia e apenas com uma proposição *ad hoc* se escondeu o problema, conforme pode se observar nos capítulos III e IV. A situação não era tão simples assim fora da Astronomia. A hipótese do movimento da Terra entrava em conflito com toda a física construída até ali. A análise kuhniana do universo aristotélico mostra

justamente a ligação entre a física e a estrutura universal como sendo um dependente do outro. De forma que se há uma característica marcante dessa ligação podemos dizer que é extremamente coerente.

Os movimentos dos objetos dependem da sua constituição e a posição da Terra é resultado da simetria central do universo. Tanto a posição da Terra, os movimentos dos objetos terrestres e os movimentos dos astros são justificados pela mesma corrente de argumentos aristotélicos. Feyerabend diz que a introdução do movimento terrestre quebra essa corrente sem dar em troca outra forma de ligação. O que Copérnico propõe, então, de acordo com Feyerabend, é a dissolução de toda a coerência das explicações de Aristóteles em troca de apenas o movimento da Terra, que nem mesmo era sustentável em sua época. A proposta metodológica, conforme Feyerabend, de maior abrangência da teoria sucessora não é satisfeita na Revolução Copernicana.

De acordo com esta proposta, uma teoria que pretende substituir a outra deve ser mais abrangente e explicativa que a anterior. Ou seja, as trocas onde existem perda de explicabilidade, coerência e ligações com outras áreas do conhecimento não podem ser aceitas. É comum dizer que a teoria da relatividade restrita abrange todos os âmbitos da mecânica newtoniana e vai além, explica fenômenos que antes não eram explicados por Newton. Por isso a troca da mecânica newtoniana pela mecânica proposta por Einstein é tomada como metodológica.

Conforme Kuhn, as mudanças de teorias ao nível individual são tão complexas que se assemelham às conversões religiosas que, assim como trocas teóricas, não são explicadas por motivos racionais e objetivos. Usando expressões de Kuhn, elas dependem muito mais de gosto, preferências estéticas, fatores subjetivos contidos na história de vida de cada um e da persuasão daqueles que pregam uma nova crença. O copernicanismo se encontrava numa situação tão implausível (sem corroboração e refutado em muitos âmbitos) que o que chamamos de Revolução Copernicana pode, e nisso concordo com Kuhn, ser comparada a estas conversões por parte dos primeiros copernicanos.

Os fatores subjetivos que fizeram com que Copérnico se atentasse para a “necessidade” de reforma da Astronomia de sua época reinaram de uma forma sutil nos escritos da Revolução Copernicana. E principalmente nos do

próprio Copérnico. Thomas Kuhn comenta quatro dessas crenças que se encontram subjacente ao heliocentrismo. A primeira dessas é a certeza de Copérnico de que os movimentos celestes seriam muito mais harmônicos que os que aparecem no sistema ptolomaico. A falta de centralidade única dos movimentos dos astros incomodava Copérnico. Para ele, Ptolomeu não conseguira representar corretamente os movimentos dos planetas e outros elementos celestes. Outro fator que influenciava Copérnico era a concepção de que os movimentos dos corpos celestes, incluindo aí a Terra, por serem esferas, deveriam ser circulares. Então, essa ligação que Copérnico fez da forma esférica com os movimentos que estes deveriam ter não tem nada de imediatamente aceitável ou compreensível. Dizer que a Terra deve ter um movimento circular porque sua forma assim o exige só faz sentido na mente do próprio Copérnico e não é mais que um dos motivos internos que dão base somente para ele.

Tanto Kuhn quanto Feyerabend concordam com o papel excepcional do Sol na Astronomia heliocêntrica. Para Copérnico e outros astrônomos, o Sol não poderia ser um corpo que não ocupasse o centro do sistema solar, pois o seu papel divino assim não permitiria. Fonte de luz, calor e vida o Sol toma lugar de centralidade dos movimentos planetários por estas características. Portanto, o Sol ganha de Copérnico o lugar central no seu sistema pelos méritos e qualidades que ele lhe atribui e não por uma necessidade estritamente astronômica ou científica.

Mesmo um dos avanços da Astronomia centrado no Sol, a determinação das ordens das órbitas dos planetas internos, foi baseado em um pressuposto não comprovado, mas apenas crido por Copérnico. Ao resolver esta questão, Copérnico parte do pressuposto que quanto mais distante do centro de sua órbita maior é o período de translação do planeta. Com isto, como foi explicado por Kuhn, Copérnico consegue determinar a seqüência dos planetas internos. Porém, Kuhn também diz que este pressuposto é barato. Não há nada que garanta, na época de Copérnico, que os períodos das órbitas aumentariam a medida de seus raios.

Para complementar o quadro de situações complicadas que ameaçava o heliocentrismo, Feyerabend explora os problemas físicos que esta concepção deveria enfrentar. Estes não eram poucos ou pequenos. O argumento da torre

que era levantado quando se supunha a mobilidade da Terra nascia de uma física muito mais confirmada até a época de Galileu. E ela continua sendo assim até mesmo depois dele, pois, como mostrou Feyerabend, o argumento da torre não foi refutado por Galileu e não foi uma reconstrução da física em um sentido mais amplo que permitiu que o problema da mobilidade da Terra fosse resolvido. Antes, o que Galileu faz é um desarmamento desses argumentos.

A interpretação cotidiana na época de Galileu de que todo movimento é operativo, ou detectável, requeria que o movimento vertical de uma pedra nos levasse a conclusão do repouso da Terra. Junta-se a isso que uma movimentação da Terra causaria efeitos como a movimentação contínua e anormal de entes que não estivessem em contato com ela, como as nuvens e pássaros, poderemos perceber que a física aristotélica estava de pleno acordo com Astronomia ptolomaica. De acordo com esta mesma física, uma Terra em movimento nos levaria a observar pedras caindo em trajetórias oblíquas. Mas não é isto que vemos e, portanto, a situação do heliocentrismo fora da Astronomia não era boa.

O que Galileu faz é mudar a interpretação natural de que todo movimento é operativo e por outra que afirma que apenas os movimentos relativos são operativos, como foi muito bem argumentado por Feyerabend. Assim, uma pedra caindo de uma torre cairia em um movimento vertical, pois ambas participam do mesmo movimento de rotação da Terra. Apenas a componente vertical pode ser detectada, pois deste a torre não compartilha. Galileu ainda introduz, sem nenhuma fundamentação empírica, o conceito de inércia circular que parecer ser muito mais uma explicação *ad hoc* dos movimentos. Ele faz isso somente para encaixar em sua nova concepção de uma Terra móvel. Galileu não resolve nada das objeções que são apresentadas contra os movimentos da Terra, ele apenas reforma alguns conceitos para que estes argumentos não incomodem mais.

Da mesma forma que a coerência e grau de explicabilidade de mundo da física de Galileu é bem mais simplista do que a de Aristóteles, o copernicanismo subsistiu a concepção geocêntrica por muito tempo, sem grandes vantagens. Ao rever a afirmação kuhniana de que as trocas paradigmáticas não podem ser baseadas em critérios racionais - não há provas

ou pontos objetivos que as duas comunidades possam discutir e decidir sobre qual teoria está com a razão, passa a ser necessário afirmar que o que Feyerabend chama de “irracionalidades” dentro da Ciência se fazem necessários devido a questões como esta.

A questão da incomensurabilidade entre as teorias em jogo apresentada por Kuhn permeia a tentativa de se encontrar pontos objetivos e racionais de discussão entre as duas comunidades e solapa qualquer intenção de discussão racional. As irracionalidades Feyerabendianas são frutos de uma necessidade de imposição das novas idéias, e os propagandismos galileanos explorados por Feyerabend são exemplos dessas atitudes. A forma como Galileu cria o diálogo entre suas personagens, um diálogo onde o Simplicio é sempre rebatido e colocado em posição de ridículo, nada mais é que estratégia de persuasão e proselitismo científico.

As observações telescópicas empreendidos por Galileu não provavam nada a favor de Copérnico, mesmo assim Galileu e outros astrônomos insistiam nisso. Kuhn comenta que as coisas que eram descobertas pelo telescópio caberiam tanto dentro da Astronomia de Ptolomeu quanto na proposta semi-heliocêntrica de Brahe. A sorte de Galileu e de todos os copernicanos é que as observações astronômicas acabaram sendo associadas ao próprio Galileu por meio de sua insistência e, por sua vez, remeteu às concepções copernicanas. Assim, estas concepções foram como um vírus transmitido pela popularização das observações com o telescópio. O caso é que a popularização das observações telescópicas nada tinha inicialmente com a discussão entre copernicanos e ptolomaicos, mas antes estavam ligadas ao lúdico e ao pitoresco, dentro das camadas intelectualizadas da época.

Dentro da comunidade de astrônomos e cientistas diversos, as observações telescópicas não tinham aceitação completa. A concepção de que o telescópio mostrava a realidade do céu não era, conforme Feyerabend, aceita por quase todos. Assim a sobrevivência do copernicanismo até nossos dias me leva a crer que a Ciência não depende apenas da opinião dos cientistas, mas pode ser influenciada pelas empolgações e modismos populares.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS



Figura 13- Desenho realizado por aluno na disciplina de Astronomia

*Pensar com liberdade é uma experiência reflexiva única que (pré)supõe uma revisão profunda da racionalidade dominante, que não se satisfaz com uma simples realização técnica, e que nos leva a contextos de incertezas que nos fazem crescer pessoal e intelectualmente. (Juan B. M. Barrio)*

Apesar da intensa e rica discussão epistemológica acerca da natureza única da Ciência, podem-se encontrar uma série de concordâncias entre filósofos, historiadores e professores/pesquisadores da área de ensino de Ciências, no sentido da importância da presença de alguns aspectos a serem trabalhados no ensino. Por isso, é importante levar em consideração que o conhecimento da Ciência não pode apenas tratar com as leis e as teorias que são produzidas, mas também com os métodos e a estrutura de desenvolvimento considerada, tendo em vista que a flexibilização dos processos de construção científica é uma consequência natural do fato de que toda produção humana sofre influências históricas e culturais.

Como vimos ao longo da dissertação, a Revolução Copernicana, que teve em Galileu seu principal teórico e defensor, não pode ser considerada como uma construção racional na perspectiva popperiana haja vista a falta de um problema desencadeante seja interno ou externo à teoria anterior; nem pode ser descrita dentro da perspectiva kuhniana por falta ou por crise paradigmática. Encaixa-se a nosso ver muito mais numa perspectiva feyerabendiana.

Segundo Matthews (1995), é importante levar esta discussão para um tratamento mais amplo no ensino de Ciências. Para isso, os professores devem ter o conhecimento e a apreciação da Ciência que ensinam, bem como alguma compreensão da história e filosofia das Ciências. Não se podem ignorar as complexas e ambíguas relações entre a construção do conhecimento científico com o qual trabalham e seu desenvolvimento, e suas relações com as demais áreas de saber. É necessária uma compreensão da natureza da Ciência que se pratica, de suas possibilidades e limitações, e de suas “irracionalidades”, que minimizam a fragmentação intelectual, situando a atividade científica nos contextos sociais, culturais e políticos. Nesse sentido, a compreensão dos grandes momentos do desenvolvimento científico, como a discussão das concepções geocêntrica/heliocêntrica pode ajudar.

Infelizmente, no entanto, a formação de professores e pesquisadores, no nosso caso de Biologia, Física, Química ou Matemática, por limitar-se, na maioria dos casos, aos aspectos teóricos e práticos de cada disciplina, muitas vezes não fornece a estes referenciais históricos e filosóficos. Apesar de que as novas diretrizes curriculares do MEC para estes cursos incluem esses aspectos na formação profissional, estas questões não são em geral contempladas pelos currículos.

Entendendo ser de fundamental importância a história e a filosofia das Ciências na formação de professores e pesquisadores, a pergunta que pode ser feita é: como usar a história e a filosofia da Ciência para ensinar Ciências ou Matemática, de tal forma a promover o aspecto cognitivo? Não sei. Em cada disciplina e em cada curso esta questão deve ser avaliada a cada passo.

Reafirmando a fala de Chalmers e Matthews, é importante que os estudantes percebam que a construção do conhecimento é um campo controverso, no qual grande parte das idéias não estão bem estabelecidas. Para Matthews, não se deve ensinar história e filosofia das Ciências como uma 'retórica de conclusões', mas como um campo no qual muitas teorias são conflitantes, e o estudante deve ter maturidade intelectual para optar por alguma(s) destas.

O que se deve esperar de um estudante não é que ele chegue ao fim do curso com respostas prontas e acabadas, mas que ele esteja de tal modo

“confuso” que aprenda a elaborar questões pertinentes e claras diante da teoria e da prática científicas.

Para isso, é fundamental que o professor consiga destacar os pontos fortes de cada teoria em cada área do conhecimento científico, sem fazer prevalecer, na medida do possível, suas escolhas pessoais. Este resultado é tanto mais provável de ser atingido quanto mais bem sucedido for o professor em ensinar aos estudantes de modo a suscitar nestes o interesse pelas questões históricas e filosóficas que podem ser perguntadas acerca de um assunto específico, em vez de oferecer-lhes respostas prontas e definitivas ou de impor suas próprias visões.

Assim, o uso da História e da Filosofia da Ciência no ensino das Ciências além de facilitar a aprendizagem destas nos seus domínios conceitual e procedimental favorece a aprendizagem atitudinal, objetivos deste ensino.

Na introdução dessa dissertação levantei algumas questões que gostaria de tentar responder usando a análise que os dois teóricos estudados, Thomas Kuhn e Paul Feyerabend, fazem da Revolução Copernicana. No entanto, ao longo do desenvolvimento do trabalho acabou surgindo outra pergunta: o que me garante que, tomando como exemplo a Revolução Copernicana, posso responder questões tão gerais sobre a Ciência como aquelas que foram levantadas na introdução?

Em princípio, é natural pensar que analisar apenas a Revolução Copernicana, tendo como base os pensamentos desses dois teóricos pode não me oferecer subsídio para a isto. Mas, o fato de que a Revolução Copernicana é utilizada por muitos dos metodólogos como exemplo para apoiar suas concepções de regras predeterminadas para a Ciência, permite essa possibilidade. Portanto, utilizar como contra-exemplo a mesma passagem que é citada como exemplo me parece uma boa forma de argumentar.

O copernicanismo é tomado por muitos como o nascimento de uma Ciência desprovida das crenças que permeavam o conhecimento antigo e medieval. E por isso é citado como o resultado de uma forma melhor de se construir o saber. Não discordo da importância dos trabalhos de Copérnico, Galileu ou Kepler para o nascimento de uma Ciência emergente do fim idade média. Discordo é da dicotomia *racionalidade-moderna x obscuridade-medieval* que normalmente vem acompanhando esses discursos.

Nesse sentido, as atividades científicas que caracterizaram a Revolução Copernicana, não possuem a racionalidade absoluta que esses defensores advogam. Elas possuem muitos elementos irracionais e se aproximam daquilo que se chama de não-Ciência ou de conhecimentos não científicos.

A discussão a respeito da demarcação científica, daquilo que é ou não Ciência, muitas vezes é proposta pela questão de se a Ciência possui alguma característica que a diferencie de outras atividades. Em outras palavras: a Ciência possui alguma característica exclusiva que a diferencie de outras formas de conhecimento? Obviamente, sim. Entre muitas outras respostas a essa indagação, Kuhn propõe que a Ciência necessariamente possui um paradigma e Popper diz que a Ciência se baseia em hipóteses falseáveis e suas tentativas de falseação, o que garante o progresso do conhecimento.

Entretanto, a mesma pergunta pode ser feita para se definir outras formas de conhecimento. Podemos relacionar e listar características que demarca qualquer outra atividade humana e outra forma de conhecimento. Ou seja, cada forma de conhecimento possui pelo menos uma particularidade que a distingue das outras. E o mesmo pode ser feito para diferenciar partes de uma mesma forma de conhecimento.

Dentro da própria Ciência existem áreas que se separam por terem elementos próprios que não aparecem em outras áreas. Essa divisão entre as diferentes áreas do conhecimento se dá naturalmente, não sendo possível realizar esta separação sem que existam características particulares.

Qualquer atividade possuirá, caso procuremos, alguma característica que seja apenas dela e que não se encontra em nenhuma outra. Creio que isto nos dá a condição de realizar facilmente uma diferenciação entre as formas de conhecimento.

A garantia dessa demarcação científica colocaria a Ciência absolutamente separada de outras formas de conhecimento. Portanto, a questão que deve ser levantada é outra: as outras atividades possuem características comuns que a Ciência não possui?

Os outros conhecimentos, dentro de suas construções e de suas histórias, apresentam características que a atividade e a história do conhecimento científico não apresentam? Um sim para esta questão garantiria uma diferenciação absoluta da Ciência, o que realmente compreendo como

demarcação. Portanto, a demarcação científica não depende das características exclusivamente científicas, mas depende das características dos outros conhecimentos que não se apresentam nos meios científicos.

Muitos dos que defendem essa demarcação real da Ciência acusam outras formas de conhecimentos de sofrerem de crenças, ou de adotarem hipóteses e explicações não verificáveis, ou de mudarem seus rumos por meio de inclinações estéticas ou mesmo de confiarem em interpretações subjetivas. Os defensores da diferenciação da Ciência classificam esses elementos de irracionais: não ter irracionalidades é justamente o que tornaria a Ciência absolutamente diferente e superior.

A própria Revolução Copernicana nos mostra todos esses elementos no processo de sua construção. A análise das atividades que envolveram a mudança do sistema geocêntrico para o heliocêntrico apresenta uma gama desses elementos irracionais e nem mesmo o copernicanismo pode ser considerado como um “modelo superior” frente ao sistema ptolomaico. Será mesmo que a Astronomia pós-Copérnico é tão racional assim?.

A existência dessas irracionalidades científicas deixa sem sentido a discussão sobre demarcação. A Ciência é diferente de outras formas de conhecimento assim como essas outras formas de conhecimentos são diferentes entre si. A Ciência é uma forma mais.

Alguns pesquisadores resolveram ignorar isso ou mesmo não sabiam. Não creio, assim como Feyerabend, que seja possível encaixar isto em alguma metodologia conhecida. E concordo com Kuhn quando afirma que, diante da escolha de dois paradigmas, o indivíduo não tem critérios racionais para a escolha, destacando-se os fatores subjetivos, tais como crenças e preferências.

E assim, a imagem da Ciência que tenho atualmente não coincide com aquela que eu recebi ao longo da minha graduação. Ela não é racional na sua construção como se propõem que seja e tem muito mais de transgressões metodológicas que de obediência metodológica. Pode sim que seja no seu desenvolvimento.

Compartilho com Feyerabend a idéia de que não seja possível equacionar em apenas uma metodologia estes fatores, e da presença do irracional dentro da nossa Ciência. E passo a crer também, como Kuhn, que as

trocas paradigmáticas ao nível individual não são objetiváveis, e que não temos uma receita racional a ser seguida para isso.

A proliferação de discussões nesta área, através de estudos da Ciência e de outras áreas denominadas não científicas, em todos os níveis, pode permitir a construção de uma lente capaz de fundamentar ainda mais os argumentos anteriores e de produzir uma outra compreensão sobre a natureza da Ciência e de nossas percepções de mundo a partir dos diferentes tipos de conhecimento.

Enfim, apesar de possuírem referenciais teóricos, em princípio incompatíveis para muitos, tanto Kuhn quanto Feyerabend ao analisarem a Revolução Copernicana concordam em que a escolha de paradigmas não se fundamenta em aspectos teóricos de cientificidade, mas em diferentes fatores de cunho histórico, cultural, sociológico e psicológico. Isto é, numa subjetividade que pode ser entendida como uma irracionalidade, que tem um papel determinante na validação de certas teorias em detrimento de outras.

Talvez a questão esteja na herança adquirida dos cientistas naturais do século XVII, com uma idéia de racionalismo que buscou unir a racionalidade, a necessidade e a certeza, num projeto único matematicamente formalizado, e não numa idéia de *racionalidade* enquanto possibilidade de uma vida sem certezas absolutas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERY, M, A, P A. (Coord.) *Para compreender a Ciência, uma perspectiva histórica*. 14<sup>a</sup> Ed. São Paulo: Educ Garamond Universitária. 2004.

BACHELARD, Gaston. *A formação do espírito científico*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BELTRAN, M.H.R. (et al.) organizadores. *História da Ciência e ensino: propostas, tendências e construção de interfaces*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2009.

BORGES, R, M, R. *Em debate: cientificidade e educação em Ciências*. 2<sup>a</sup> Ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

\_\_\_\_\_. (org.) *Filosofia e história da Ciência no contexto da educação em Ciências: vivências e teorias*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

BRAVO, A. A. *Una introducción a la naturaleza de la ciencia: la epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica, 2005.

CHASSOT, Attico, 1939 – *A Ciências através dos tempos*. São Paulo: Moderna, 1994. – (Coleção Polêmica)

CHALMERS, Alan F. *O que é Ciência Afinal?* São Paulo: Editora Brasiliense, 1993.

\_\_\_\_\_. *A fabricação da Ciência*. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1994.

COPÉRNICO, Nicolau. *Commentariolus. Pequeno comentário de Nicolau Copérnico sobre suas próprias hipóteses acerca dos movimentos celestes*. Introdução, tradução e notas Roberto de Andrade Martins. São Paulo: Nova Stella; Rio de Janeiro: Coppe/MAST, 1990.

FEYERABEND, Paul Karl. *Adeus à razão*. Tradução: Maria Georgina Segurado. 3<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Edições 70, 1991.

\_\_\_\_\_. *Contra o método*. Tradução: Cezar Augusto Mortari. 3<sup>a</sup> ed. São Paulo: UNESP, 2007.

GALILEI, Galileu. *Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano*. Tradução, introdução e notas de Paulo Rubén Mariconda. 2<sup>a</sup> ed. São Paulo; Discurso editorial/Imprensa oficial do estado de São Paulo, 2004.

GOBARA, S.T. e MOREIRA, M.A. Mapas conceituais no ensino de Física. *Ciência e Cultura*, 38(6): 973-982, 1986.

KUHN, Thomas. Samuel. *A Estrutura das Revoluções Científicas*. Tradução Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. 9ª ed. São Paulo: Perspectiva, 2009. \_\_\_\_\_ . *A Revolução Copernicana*. Tradução Marília Costa Fontes. Lisboa: Edições 70, 1957.

LARANJEIRAS, C. Um Ensino de Ciências sem Ciências: Um Simulacro de Educação Científica. *Jornal da Ciência*. Disponível no site <http://www.jornaldaciencia.org.br/Detail.jsp?id=69992>. Acesso em 25/08/2011.

LOPES, M.M. Culturas das Ciências Naturais. *Ciência & Educação*, v.11, n. 3, p. 457-470, 2005.

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

\_\_\_\_\_. *Física ainda é cultura?*. São Paulo: Ed. Livraria da Física, 2008.

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: A Tendência Atual de Reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 12, nº 3, pp. 164-214, 1995.

MOREIRA, M.A. Mapas conceituais como instrumentos para promover a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integrativa. *Ciência e Cultura*, 32(4): 474-479, 1980.

MOURÃO, Ronaldo Rogério de Freitas. *Kepler - A Descoberta das Leis dos Movimentos Planetários*. 1º ed. São Paulo: editora Odysseus – 2003.

\_\_\_\_\_. *Copérnico – Pioneiro da Revolução Astronômica*. 1º Edição. São Paulo: editora Odysseus, 2003.

OSTERMANN, Fernanda. A Epistemologia de Kuhn. *Cad. Cat. Ens. Fis.*, v.13, n3: p.184-196, dez.1996.

POPPER, K. R. *A lógica da Pesquisa Científica*. Tradução de Leonidas Hegenberg e Ocatny Silveira da Mota. SP: Editora Cultrix, 1975.

\_\_\_\_\_. *Conhecimento objetivo*. Tradução de Milton Amado. SP: Editora da Universidade de São Paulo, 1975.

\_\_\_\_\_. *Conjecturas e Refutações*. Brasília: Editora da UnB. 1980.

PRÄSS, Alberto Ricardo. *Epistemologias do século XX*. Monografia da disciplina Fundamentos Epistemológicos para a Pesquisa em Ensino de Física, ministrada pelo Prof. Marco Antonio Moreira em 2007/2. Porto Alegre – RS Março 2008.

SHAPIN, S. *A revolução científica*. Lisboa: Difel, 1999.

VALADARES, Eduardo de Campos. *Newton – A órbita da Terra em um copo d'água*. 1º Edição. São Paulo: editora Odysseus, 2003.