

Imre Lakatos é incontornável na actual disputa epistemológica. A sua obra é curta – como relativamente breve foi a sua vida – mas deixou uma marca indelével no sempre vivo debate sobre a ciência. Abordou esta com um jeito racionalizante, mas foi também profundamente atento à sua história, que outros, de modo incompreensível, descuraram, com dano da imagem que da ciência oferecem.

ISBN-972-44-0958-9



9 789724 409580

BIBLIOTECA DE FILOSOFIA

CONTEMPORÂNEA

edições 70

HISTÓRIA DA CIÊNCIA E SUAS RECONSTRUÇÕES RACIONAIS

509  
L192h

Imre Lakatos

# HISTÓRIA DA CIÊNCIA E SUAS RECONSTRUÇÕES RACIONAIS

509  
L192h

DEDALUS - Acervo - IF



30500029463

T=34753

ENSINO

BIBLIOTECA DE FILOSOFIA

CONTEMPORÂNEA

edições 70



BIBLIOTECA DE FILOSOFIA

CONTEMPORÂNEA

Uma colecção que se pretende aberta  
a todas as correntes do pensamento filosófico actual,  
congregando os autores mais significativos  
e abarcando os grandes polos da filosofia actual:  
filosofia da linguagem, hermenêutica, epistemologia e outros

1. MENTE, CÉREBRO E CIÊNCIA, John Searle
2. TEORIA DA INTERPRETAÇÃO, Paul Ricoeur
3. TÉCNICA E CIÊNCIA COMO «IDEOLOGIA», Jurgen Habermas
4. ANOTAÇÕES SOBRE AS CORES, Ludwig Wittgenstein
5. TOTALIDADE E INFINITO, Emmanuel Levinas
6. AS AVENTURAS DA DIFERENÇA, Gianni Vattimo
7. ÉTICA E INFINITO, Emmanuel Levinas
8. O DISCURSO DE ACÇÃO, Paul Ricoeur
9. A ESSÊNCIA DO FUNDAMENTO, Martin Heidegger
10. A TENSÃO ESSENCIAL, Thomas S. Kuhn
11. FICHAS (ZETTEL), Ludwig Wittgenstein
12. A ORIGEM DA OBRA DE ARTE, Martin Heidegger
13. DA CERTEZA, Ludwig Wittgenstein
14. A MÃO E O ESPÍRITO, Jean Brun
15. ADEUS À RAZÃO, Paul Feyerabend
16. TRANSCEDÊNCIA E INTERLIGIBILIDADE, Emmanuel Levinas
18. IDEOLOGIA E UTOPIA, Paul Ricoeur
19. O LIVRO AZUL, Ludwig Wittgenstein
20. O LIVRO CASTANHO, Ludwig Wittgenstein
21. QUE É UMA COISA?, Martin Heidegger
22. CULTURA E VALOR, Ludwig Wittgenstein
23. A VOZ E O FENÔMENO, Jacques Derrida
24. O CONHECIMENTO E O PROBLEMA CORPO-MENTE, Karl R. Popper
25. A CRÍTICA E A CONVICÇÃO, Paul Ricoeur
26. HISTÓRIA DA CIÊNCIA E SUAS RECONSTRUÇÕES RACIONAIS, Imre Lakatos

## HISTÓRIA DA CIÊNCIA E SUAS RECONSTRUÇÕES RACIONAIS

Imre Lakatos

HISTÓRIA  
DA CIÊNCIA  
E SUAS  
RECONSTRUÇÕES  
RACIONAIS  
E OUTROS ENSAIOS

HISTORIA DA CIENCIA



SBI/IFUSP 305M81034753

Título original: *Philosophical Papers I*

*Publicado por Press Syndicate of the University of Cambridge*

© Imre Lakatos Memorial Appeal Fund and  
the Estate of Imre Lakatos 1978

Tradução de  
Emília Picado Tavares Marinho Mendes

Revisão de Artur Morão

Capa de Edições 70

Depósito legal n.º 122209/98

ISBN 972-44-0958-9

Todos os direitos reservados para língua portuguesa  
por Edições 70, Lda.

EDIÇÕES 70, Lda.  
Rua Luciano Cordeiro, 123 - 2.º Esq.º - 1050 Lisboa / Portugal  
Telefs: (01) 3158752 - 3158753  
Fax: (01) 3158429

Esta obra está protegida pela lei. Não pode ser reproduzida,  
no todo ou em parte, qualquer que seja o modo utilizado,  
incluindo fotocópia e xerocópia, sem prévia autorização do Editor.  
Qualquer transgressão à lei dos Direitos de Autor será passível  
de procedimento judicial.



edições 70

(<sup>116</sup>) Isto parece ser o que acontece na moderna física de partículas; ou, de acordo com alguns filósofos e físicos, até mesmo na escola de Copenhague da física quântica.

(<sup>117</sup>) Isto é o que acontece com algumas das mais importantes escolas das modernas sociologia, psicologia e psicologia social.

(<sup>118</sup>) Isto, evidentemente, explica o motivo porque uma boa metodologia — «destilada» a partir das ciências maduras — pode desempenhar um papel importante para as disciplinas imaturas e, na realidade, duvidosas. Embora a autonomia académica polanyita deva ser defendida para os departamentos de física teórica, não deve ser tolerada, digamos, em institutos de astrologia social computarizada, planificação da ciência ou imagística social.

(<sup>119</sup>) Evidentemente, uma discussão crítica dos padrões científicos, conducente até possivelmente ao seu melhoramento, é impossível sem que eles sejam articulados em termos gerais; exactamente como ao pretender criticar uma linguagem se tem de articular a sua gramática. Nem o conservador Polanyi nem o conservador Oakeshott parecem ter compreendido (ou terem estado inclinados a compreender) a função crítica da linguagem — Popper compreendeu-a. (Cf. especialmente Popper [1963a], p. 135.)

## 2

---

### PORQUE É QUE O PROGRAMA DE INVESTIGAÇÃO DE COPÉRNICO SUPLANTOU O DE PTOLOMEU?\*

---

#### Introdução

Gostaria, em primeiro lugar, de apresentar desculpas por vos obrigar a uma palestra filosófica por ocasião do cinquentenário do nascimento de Copérnico. A minha justificação reside no facto de ter sugerido, há alguns anos, um método específico para a utilização da história da ciência como um árbitro, com alguma autoridade, quanto a debates em filosofia da ciência, e pensei que a revolução copernicana, em particular, poderia servir como uma importante situação de teste entre algumas filosofias da ciência contemporâneas.

Receio ter de explicar, em primeiro lugar — muito rudimentarmente —, quais os problemas filosóficos que tenho em mente e como a crítica historiográfica pode auxiliar-nos na resolução de alguns deles.

O problema central da filosofia da ciência é o problema da apreciação normativa de teorias científicas; e, em particular, o problema da enunciação de condições *universais* debaixo das quais uma teoria é científica. Este último caso limitador do *problema da apreciação* é conhecido em filosofia como o *problema*

---

\* Lakatos dá-nos a seguinte descrição da história deste ensaio: «Esta palestra foi proferida pela primeira vez no simpósio do quinto centenário de Copérnico da British Society for the History of Science, em 5 de Janeiro de 1973.» (Orgs.)

da demarcação e foi dramatizado pelo Círculo de Viena e especialmente por Karl Popper, que pretendia mostrar que algumas teorias *alegradamente* científicas, como o marxismo e o freudismo, são pseudocientíficas e, por isso, não são melhores do que, suponhamos, a astrologia. O problema não é insignificante e muito há ainda a fazer para que se chegue à sua solução. Para só mencionar um exemplo de importância secundária: o caso Velikovsky revelou que os cientistas não podem articular facilmente padrões que sejam compreensíveis pelos leigos (ou, como me faz lembrar o meu amigo Paul Feyerabend, por eles próprios), e à luz dos quais se possa defender como racional a rejeição de uma teoria que *reivindica* constituir uma realização científica revolucionária.

O problema da apreciação é completamente diferente do problema relativo a saber porquê e como emergem novas teorias. A apreciação da mudança é um problema normativo e, por consequência, um assunto para a filosofia; a explicação da mudança (da aceitação e rejeição efectivas de teorias) é um problema psicológico. Aceito como verdadeira a demarcação kantiana entre a «lógica da apreciação» e a «psicologia da descoberta». As tentativas para a ofuscar só produziram retórica vazia<sup>(1)</sup>.

O problema da demarcação generalizada está intimamente ligado ao problema da racionalidade da ciência. A sua solução devia proporcionar-nos orientação relativa a saber quando é que a aceitação de uma teoria científica é racional ou irracional. Ainda não existe qualquer critério universal sobre o qual se tenha chegado a acordo e com base no qual possamos afirmar se a rejeição da teoria copernicana pela igreja em 1616 foi ou não racional, ou se a rejeição da genética mendeliana pelo Partido Comunista soviético em 1949 foi ou não racional. (Evidentemente, todos nós concordamos que tanto a *proibição* do *De revolutionibus* como o *assassínio* dos mendelianos foram deploráveis.) Ou, para citar um exemplo contemporâneo, é altamente controversa a questão relativa a saber se é ou não racional a presente rejeição pelos chamados liberais americanos da aplicação da genética à inteligência por Jensen e outros<sup>(2)</sup>. (Podemos, todavia, concordar que mesmo que fosse decidido que uma teoria devia ser rejeitada, esta decisão não

deveria associar-se a quaisquer ameaças físicas aos seus tenazes proponentes; e que «nada seja condenado sem ser compreendido, sem ser conhecido, sem ser sequer ouvido»<sup>(3)</sup>).

### 1 – Explicações empiristas da «revolução copernicana»

Definirei, em primeiro lugar, o termo «revolução copernicana». Até mesmo no sentido descritivo, este termo tem sido aplicado ambigualmente. É muitas vezes interpretado como a aceitação pelo «público em geral» da crença em que o Sol e não a Terra é o centro do nosso sistema planetário. Mas nem Copérnico nem Newton defenderam esta crença<sup>(4)</sup>. Em todo o caso, as *mudanças* de uma para outra crença popular estão para além do domínio da história da *ciência* propriamente dito. Esqueçamos, de momento, as crenças e os estados de espírito e consideremos apenas os enunciados e os seus conteúdos *objectivos* («terceiro-mundo»<sup>(5)</sup>), no sentido de Frege e Popper). Consideremos a revolução copernicana, em particular, como a hipótese segundo a qual é a Terra que se move em torno do Sol e *não vice-versa* ou, para ser mais preciso, que o sistema fixo de referência para o movimento planetário é constituído pelas estrelas fixas e não pela Terra. Esta interpretação é sobretudo defendida por aqueles que sustentam que as hipóteses isoladas são as unidades adequadas de apreciação (de preferência aos programas de investigação ou «paradigmas»<sup>(6)</sup>). Tomemos sucessivamente diferentes versões desta perspectiva e mostremos como cada uma delas falha.

Discuto, em primeiro lugar, os pontos de vista dos que atribuem a superioridade da hipótese copernicana a *considerações empíricas claras*. Estes «positivistas» são ou *indutivistas*, ou *probabilistas* ou *falsificacionistas*.

De acordo com os *indutivistas estritos*, uma teoria é melhor do que outra se foi deduzida a partir dos factos e isso não aconteceu com a sua rival (senão as duas teorias são ambas meras especulações e são de igual valor). Mas até mesmo o *indutivista* mais comprometido tem sido prudente na aplicação deste critério

à revolução copernicana. Muito dificilmente se pode reivindicar a dedução por Copérnico do seu heliocentrismo a partir dos factos. De facto, é hoje em dia admitido que tanto a teoria de Ptolomeu como a de Copérnico eram inconsistentes com resultados observacionais conhecidos<sup>(7)</sup>. Contudo, muitos sábios distintos, como Kepler, pretenderam que Copérnico obtia os seus resultados «dos fenómenos, dos efeitos, das consequências, tal como um cego se assegura dos seus passos recorrendo a uma bengala»<sup>(8)</sup>.

O indutivismo estrito foi tomado a sério e criticado por muitas pessoas, desde Roberto Belarmino a Whewell, tendo finalmente sido destruído por Duhem e Popper, embora alguns cientistas e alguns filósofos da ciência, como Born, Achinstein e Dorling, ainda acreditem na dedução ou indução válida de teorias a partir de factos (seleccionados?)<sup>(9)</sup>. Mas a ruína da lógica cartesiana e, em geral, da lógica psicologista e a ascensão da lógica de Bolzano-Tarski decidiu da sorte da «dedução a partir dos fenómenos». *Se a revolução científica assenta na descoberta de novos factos e em generalizações válidas a partir desses factos, então não houve qualquer revolução copernicana (científica).*

Analisemos em seguida a posição dos *indutivistas probabilistas*. Será que *eles* podem explicar por que motivo a teoria dos movimentos celestes de Copérnico era melhor do que a de Ptolomeu? De acordo com os indutivistas probabilistas, uma teoria é melhor do que outra se apresentar uma maior probabilidade relativa à evidência total disponível num momento dado. Conheço vários esforços (não publicados) para calcular as probabilidades das duas teorias, de acordo com os dados disponíveis no século XVI, e mostrar que a teoria de Copérnico era a mais provável. Todos estes esforços fracassaram. Fui informado de que Jon Dorling tenta presentemente elaborar uma nova teoria bayesiana da revolução copernicana. Ele não vai ser bem sucedido. *Se a revolução científica assenta na proposta de uma teoria que é muito mais provável, dada a evidência disponível, do que a sua predecessora, então não houve qualquer revolução copernicana (científica).*

A *filosofia da ciência falsificacionista* pode apresentar dois motivos independentes nos quais pode assentar a superioridade

da teoria de Copérnico dos movimentos celestes<sup>(10)</sup>. De acordo com uma das versões, a teoria de Ptolomeu era irrefutável (isto é, pseudocientífica) e a teoria de Copérnico era refutável (isto é, científica). Se tal fosse verdade, disporíamos de facto de um motivo que nos permitiria a identificação da revolução copernicana com a grande revolução científica: ela constitui a mudança da especulação irrefutável para a ciência refutável. Nesta interpretação, a heurística ptolomaica era inerentemente *ad hoc*: podia acomodar *quaisquer* factos novos aumentando a desordem incoerente de epiciclos e equantos. A teoria copernicana, por outro lado, é interpretada como empiricamente refutável (pelo menos, «em princípio»). Esta é uma reconstrução um tanto dúbia da história: a teoria copernicana pode muito bem utilizar qualquer número de epiciclos sem qualquer dificuldade. **O mito segundo o qual a teoria ptolomaica incluía um número indefinido de epiciclos que podiam ser manipulados de modo a adequarem-se a quaisquer observações planetárias, é de qualquer maneira um mito inventado depois da descoberta das séries de Fourier.** Mas, como descobriu recentemente Gingerich, este paralelo entre epiciclos sobre epiciclos e a análise de Fourier não foi considerado quer por Ptolomeu quer pelos seus seguidores. De facto, a recomputação das tábuas afonsinas por Gingerich mostra que para as computações efectivas os astrónomos judeus de Afonso utilizaram apenas uma teoria com um único epiciclo.

Uma outra versão do falsificacionismo reivindica que ambas as teorias foram por longo tempo igualmente refutáveis. Elas eram rivais, mutuamente incompatíveis, ambas não refutadas: *finalmente*, contudo, uma experiência crucial ulterior refutou a de Ptolomeu corroborando a de Copérnico. Como diz Popper: «O sistema de Ptolomeu não foi refutado quando Copérnico produziu o seu... É em casos como este que as experiências cruciais se tornam decisivamente importantes.»<sup>(11)</sup> Mas o sistema de Ptolomeu (em qualquer das suas versões) foi geralmente reconhecido como refutado e dominado pelas anomalias muito antes de Copérnico. Popper inventa esta história para tornar possível a adequação ao seu falsificacionismo ingénuo. [É evidente que ele pode *no*

*momento presente* (em 1974) distinguir entre meras anomalias que não refutam, e experiências cruciais que refutam. Mas esta manobra geral *ad hoc* que ele produziu em resposta às minhas críticas<sup>(12)</sup> não o ajudará a especificar em termos gerais a alegada «experiência crucial»<sup>(13)</sup>.] Como o vimos, a alegada superioridade das tábuas pruténicas de Reinhold sobre as tábuas afonsinas não foi capaz de fornecer o teste crucial. Mas e as fases de Vénus descobertas por Galileu em 1616? Poderiam ter constituído o teste crucial que mostrava a superioridade de Copérnico? Penso que esta poderia ser uma resposta razoável se não fosse o oceano de anomalias em que ambas as teorias se encontravam submersas. As fases de Vénus podem ter estabelecido a superioridade da teoria de Copérnico sobre a de Ptolomeu e, se o fizeram, a decisão católica de proibir o trabalho de Copérnico, no preciso momento da sua vitória, torna-se ainda mais horrorosa. Mas se aplicarmos o critério falsificacionista à questão relativa a saber em que momento a teoria de Copérnico suplantou não só a teoria de Ptolomeu, mas também a de Tycho Brahe (que era muito conhecida em 1616), então o falsificacionismo apenas apresenta uma resposta absurda: que isso só aconteceu em 1838<sup>(14)</sup>. A descoberta da paralaxe estelar por Bessel constituiu a experiência crucial entre as duas teorias. Mas não podemos, certamente, sustentar o ponto de vista segundo o qual o abandono da astronomia geocêntrica por toda a comunidade científica apenas podia ser *racionalmente* defendido depois de 1838. Esta perspectiva exige premissas sociopsicológicas fortes — e não plausíveis — de modo a explicar o corte com Ptolomeu. De facto, a descoberta tardia da paralaxe estelar teve muito pouco efeito. A descoberta foi feita poucos anos depois de a obra de Copérnico ter sido removida do *Index* com base no facto de a teoria de Copérnico ter já sido comprovada como verdadeira<sup>(15)</sup>. Johnson deve com toda a certeza estar enganado quando escreve:

«O facto que devia ser realçado repetidas vezes é o de que não existiam quaisquer meios de acordo com os quais a validade do sistema planetário copernicano pudesse ser verificada pela observa-

ção até terem sido desenvolvidos instrumentos, quase três séculos mais tarde, capazes de medir a paralaxe da estrela fixa mais próxima. Durante esse período a verdade ou a falsidade da hipótese copernicana teve de permanecer como uma questão em aberto na ciência.»<sup>(16)</sup>

Algo deve estar errado com a explicação falsificacionista. Este é um exemplo típico de como a história da ciência pode minar a filosofia da ciência — muito da história actual da ciência seria irracional se a racionalidade científica fosse a racionalidade falsificacionista<sup>(17)</sup>. *Se uma revolução científica assenta na refutação de uma teoria importante e na sua substituição por uma teoria rival não refutada, a revolução copernicana ocorreu (no melhor dos casos) em 1838.*

## 2 – Simplicismo

De acordo com o convencionalismo, as teorias são aceites por convenção. Podemos, de facto, dado o engenho suficiente, forçar a adequação dos factos a *qualquer* esquema conceptual. Esta posição bergsoniana é logicamente irrepreensível, mas conduz a um relativismo cultural (uma posição assumida tanto por Bergson como por Feyerabend) a menos que lhe seja adicionado um critério que nos permita saber quando é que uma teoria é melhor do que outra (embora as duas teorias possam ser observacionalmente equivalentes). A maior parte dos convencionalistas tentaram evitar o relativismo adoptando uma qualquer forma de *simplicismo*. Utilizo este termo bastante feio para as metodologias, segundo as quais não se pode decidir entre teorias com base em motivos empíricos: uma teoria é melhor do que outra se é mais simples, mais «coerente», mais «económica» do que a sua rival.

O primeiro homem a afirmar que o principal mérito da realização de Copérnico foi a produção de um sistema mais simples e, *por consequência*, melhor do que o de Ptolomeu, foi eviden-

temente o próprio Copérnico. Se a sua teoria tivesse então sido observacionalmente equivalente (se bem que restrita à cinemática celeste) com a de Ptolomeu, isso teria sido compreensível<sup>(18)</sup>. Foi seguido por Rheticus e Oslander; e também Brahe considerou que existia algo nessa pretensão. A superior simplicidade da teoria de Copérnico dos «orbes» celestes tornou-se um *facto* sem contestação na história da ciência de Galileu a Duhem: tudo o que Belarmino questionava era a *ulterior* inferência da verdade a partir da simplicidade impressionante. Adam Smith, por exemplo, na sua bela *History of Astronomy*, defendeu a superioridade da hipótese de Copérnico com base na sua «beleza da simplicidade» superlativa<sup>(19)</sup>. Rejeitou a ideia indutivista segundo a qual as tábuas de Copérnico eram mais precisas do que as suas predecessoras ptolomaicas e que, por consequência, a teoria copernicana era superior. De acordo com Adam Smith, as novas e rigorosas observações eram igualmente compatíveis com o sistema de Ptolomeu. A vantagem do sistema copernicano reside no «grau superior de coerência, que é conferido às aparências celestes, à simplicidade e à uniformidade que são introduzidas nas direcções e velocidades reais dos planetas»<sup>(20)</sup>.

Mas a superior simplicidade da teoria copernicana era, tal como a sua superior precisão, um mito. O mito da simplicidade superior foi dissipado pelo trabalho cuidadoso e profissional de historiadores modernos. Eles fizeram-nos lembrar que, enquanto a teoria copernicana resolve certos problemas de maneira mais simples do que a ptolomaica, o preço pago pelas simplificações é um conjunto de complicações inesperadas na solução de outros problemas<sup>(21)</sup>. O sistema copernicano é seguramente mais simples, visto que dispensa os equantos e algumas excêntricas; mas cada equanto e cada excêntrica afastada tem de ser substituída por novos epiciclos e ciclos. O sistema é mais simples na medida em que deixa imóvel a oitava esfera das estrelas fixas e abandona os seus dois movimentos ptolomaicos; mas Copérnico tem de pagar pela oitava esfera imóvel transferindo os seus movimentos irregulares ptolomaicos para a já corrupta terra que Copérnico põe em rotação com uma oscilação do eixo bastante complicada; ele

tem também de colocar o centro do universo, não no Sol, como o pretendia originalmente, mas num ponto vazio razoavelmente próximo dele.

Penso que é razoável dizer que o «equilíbrio de simplicidade» entre os sistemas de Ptolomeu e Copérnico é aproximadamente nivelado. Isto reflecte-se no comentário de Solla Price de que o sistema de Copérnico era «mais complicado, mas mais económico»<sup>(22)</sup>; e também no ponto de vista de Pannekoek de que «a estrutura do novo mundo, a despeito da sua simplicidade nas suas amplas linhas gerais, era ainda extremamente complicada no que respeita aos pormenores»<sup>(23)</sup>. De acordo com Kuhn, a explicação de Copérnico do aspecto *qualitativo* dos problemas mais importantes do movimento planetário (por exemplo, o movimento retrógrado) é muito mais simples e elegante, muito «mais económica», do que a de Ptolomeu, «mas está aparente economia... é [apenas] uma vitória da propaganda... [e de facto] é em grande medida uma ilusão»<sup>(24)</sup>. Quando chega aos pormenores, «o sistema [de Copérnico], era, por inteiro, tão ou pouco menos incómodo do que o tinha sido o sistema de Ptolomeu». Tal como o afirma de modo sucinto: Copérnico introduziu uma mudança enorme e, contudo, estranhamente pequena<sup>(25)</sup>. Embora a teoria de Copérnico apresente uma maior «harmonia estética», e ofereça uma explicação mais «natural» das características *básicas* dos céus e tenha «menos suposições *ad hoc*», ela é no final «um desaire... nem mais precisa nem mais significativamente simples do que as suas predecessoras ptolomaicas»<sup>(26)</sup>. De acordo com Ravetz, a «esfera celeste com movimentos irregulares» no sistema de Ptolomeu trouxe consigo uma «medição fundamental do tempo [como] um movimento ao longo de uma órbita que se move irregularmente». Segundo a apreciação de Ravetz, isto é «*estritamente incoerente*», mas, se esta irregularidade no movimento das estrelas for transferida para o movimento da Terra, como acontece no sistema de Copérnico, obtemos uma astronomia «coerente»<sup>(27)</sup>. Mas se for esse o caso, a coerência parece encontrar-se no olhar do observador. A simplicidade parece ser relativa ao gosto subjectivo<sup>(28)</sup>. *Se o aumento dramático na sim-*

*plicidade de teorias observacionalmente equivalentes é o traço distintivo da revolução científica, a revolução copernicana não pode ver-se como uma revolução científica* (mesmo se algumas pessoas pensassem, como Kepler, que a sua superioridade se devia à bela harmonia que ela introduzia)<sup>(29)</sup>.

Voltemos agora ao falsificacionismo popperiano. Popper dá muita ênfase às experiências cruciais e, a este respeito, ele é, a meu ver, um empirista. O Homem põe e a Natureza dispõe. Mas ao mesmo tempo ele propõe um novo tipo de simplicismo: pretende que mesmo *antes* de a Natureza dispor deveríamos já considerar uma teoria como melhor do que a sua rival, se ela apresentar um maior conteúdo falsificável, mais falsificadores potenciais<sup>(30)</sup>. Visto que Popper apresentou o seu critério de falsificabilidade de 1934 como uma explicação da «simplicidade»<sup>(31)</sup>, a sua *Logic of Scientific Discovery* deveria considerar-se como um tipo novo e original de simplicismo. Neste sentido, especialmente na sua interpretação realista<sup>(32)</sup>, a teoria copernicana pode ter sido melhor do que a de Ptolomeu já em 1543, mesmo que as duas teorias tivessem sido *observacionalmente* equivalentes à época.

Mas as duas teorias não eram observacionalmente equivalentes. Os simplicistas aceitam, geralmente com *demasiada facilidade*, como verdadeiro que as teorias rivais que apreciam sejam, quer logicamente quer noutra sentido estrito, equivalentes, de modo a que a pretensão de que apenas a simplicidade, e não os factos, pode decidir, surja como mais plausível. A ideia convencionalista de que as teorias de Ptolomeu e de Copérnico *devem ser num sentido forte equivalentes* é vulgar entre os «simplicistas»: no fim de contas, aceitam o convencionalismo, mas pretendem encontrar uma saída para as suas implicações relativistas. A ideia foi apresentada por Dreyer, Halls, Price, Kuhn e outros<sup>(33)</sup>. Hanson tem razão ao afirmar, na sua crítica aos pontos de vista deles, que «a teoria de Copérnico não é em nenhum sentido comum de 'simplicidade' mais simples do que a ptolomaica»; mas ele ainda preserva a sua «equivalência de objectivos»<sup>(34)</sup>.

### 3 – As explicações polanyita e feyerabendiana da revolução copernicana

Todas as filosofias até agora discutidas baseiam-se em critérios de demarcação universais. De acordo com elas, *todas* as principais mudanças na ciência se podem explicar utilizando o *mesmo* e único critério de mérito científico. Mas nenhuma destas filosofias foi capaz de apresentar uma descrição clara e aceitável de quaisquer bases racionais para a afirmação da interioridade das teorias geocêntricas relativamente ao *De Revolutionibus* de Copérnico. O desaire dos «demarcacionistas» na resolução deste problema (e de outros problemas semelhantes) conduziu a uma situação na qual alguns cientistas, se não a maioria, e bastantes filósofos da ciência *negam* que possa alguma vez existir um critério de demarcação universal válido ou sistema de apreciações para avaliar as teorias científicas. O proponente contemporâneo mais influente deste ponto de vista é Polanyi, para quem a busca de um critério de racionalidade universal é utópica. Não pode existir qualquer *decreto parlamentar*, apenas *precedentes*, para decidir sobre o que é científico e pseudocientífico, o que é uma teoria melhor e uma teoria pior. É o júri dos cientistas que decide em cada caso separado e enquanto se mantiver a autonomia científica — e *eo ipso* a independência deste júri — nada correrá muito mal. Se Polanyi tem razão, a recusa da Royal Society em patrocinar a filosofia da ciência é bastante razoável: aos *filósofos* da ciência ignorantes não deveria ser permitido *julgar* as teorias científicas, isso é da competência dos cientistas. A Royal Society está evidentemente disposta a financiar os *historiadores* da ciência que *descrevem* as suas actividades como constituindo um progresso triunfante<sup>(35)</sup>.

Do ponto de vista polanyiano, em cada caso individual de rivalidade entre duas teorias científicas, tem de se deixar ao *Fingerspitzengefühl* (a expressão favorita de Holton) não articulado dos grandes cientistas a decisão sobre qual a melhor teoria. Os grandes cientistas são aqueles que têm um «conhecimento tácito» do modo como as coisas se desenrolarão. Polanyi escreve acerca da

presciência que os copernicanos devem ter tentado afirmar quando mantiveram apaixonadamente, contra uma forte pressão, durante cento e quarenta anos antes de Newton ter comprovado o assunto, que a teoria heliocêntrica não era apenas uma maneira conveniente de calcular as trajetórias dos planetas, mas era realmente verdadeira<sup>(36)</sup>.

Mas, é claro, esta «presciência» — ao contrário de uma simples conjectura — não pode ser articulada e posta à disposição do leigo. Toulmin parece ter um ponto de vista semelhante sobre a revolução copernicana<sup>(37)</sup>, tal como Kuhn. Kuhn pretende que,

para os astrónomos a escolha inicial entre o sistema de Copérnico e o de Ptolomeu apenas podia ser uma questão de gosto, e as questões de gosto são as mais difíceis de definir e debater. Contudo, como a própria revolução copernicana sugere, as questões de gosto não são de negligenciar. *O ouvido equipado para discernir a harmonia geométrica* podia detectar uma nova nitidez e coerência na astronomia heliocêntrica de Copérnico, e se essa nitidez e coerência não tivessem sido reconhecidas, poderia não ter ocorrido qualquer revolução<sup>(38)</sup>.

De acordo com uma explicação *ulterior* de Kuhn<sup>(39)</sup>, a astronomia ptolomaica encontrava-se, por volta de 1543, num estado de «crise de paradigma» que é o prelúdio inevitável a qualquer «revolução» científica, isto é, conversão em massa: «O estado da astronomia ptolomaica era um escândalo reconhecido antes de Copérnico ter proposto uma mudança básica na teoria astronómica, e o prefácio em que Copérnico descreveu as suas razões para a inovação fornece uma descrição clássica do estado de crise»<sup>(40)</sup>. Mas quantos sentiram, para além de Copérnico, esta «crise» na comunidade? No fim de contas, uma «comunidade científica» na época de Copérnico era algo de praticamente inexistente. E se Kuhn pensa que a sua análise integral das revoluções científicas se aplica ao caso copernicano, por que motivo foram tão poucos os sábios que seguiram Copérnico antes de Kepler e Galileu?

Na opinião de Kuhn, não existe um critério *explícito* com base no qual o sistema de Copérnico se possa considerar supe-

rior ao de Ptolomeu. Mas a elite científica, dotada de um esotérico e impreciso «ouvido para a harmonia geométrica» ou de uma alma sensível às crises, podia decidir qual das teorias era melhor. Parece, contudo, que quando chega aos pormenores, a explicação de Kuhn não se encontra mais livre de problemas do que as explicações dos demarcacionistas. Ele tem de inventar uma «crise» sócio-intelectual no século XVI e, em seguida, uma viragem súbita para o copernicanismo. *Se estas são condições necessárias para uma revolução científica, então a revolução copernicana não foi uma revolução científica.*

Para Feyerabend, o fracasso, tanto dos demarcacionistas como dos «elitistas», apenas pode ser esperado. Para ele, o nosso principal e brilhante relativista cultural, o sistema ptolomaico era apenas um sistema de crenças, o mesmo se passando com o sistema copernicano. Os ptolomaicos fizeram o seu trabalho e os copernicanos o seu e, no final, os copernicanos conquistaram uma vitória de propaganda. Citando o resumo dado por Westman da posição de Feyerabend:

«Temos duas teorias, a copernicana e a ptolomaica, fornecendo ambas previsões de confiança, mas contradizendo a primeira as leis aceites e os factos da física terrestre contemporânea. A crença no sucesso da nova teoria não pode basear-se em suposições metodológicas, visto que princípios desse tipo não podem jamais atestar a correcção de uma teoria quando ela surge; nem, à partida, existe qualquer novo suporte factual. Por conseguinte, a aceitação da teoria copernicana torna-se uma questão de crença metafísica<sup>(41)</sup>.

De acordo com Feyerabend, *nada mais se pode dizer*. A explicação de Feyerabend é muito mais difícil de refutar do que qualquer outra. De facto, podemos ter de admitir no fim que a adopção por Copérnico, Kepler e Galileu da teoria heliocêntrica e a sua vitória não é racionalmente explicável, que foi em larga medida uma questão de gosto, uma *alteração dos padrões cognitivos*, um *gestalt-switch*, ou uma vitória de propaganda. Mas mesmo que isto se tenha passado deste modo não é forçoso que

nos deixemos esmagar por Feyerabend, aceitando um relativismo cultural *genérico*, ou por Kuhn, aceitando um elitismo *genérico*. A teoria ondulatória da luz de Fresnel, por exemplo, era por volta de 1830 claramente melhor do que a teoria corpuscular de Newton com base em critérios objectivos explícitos, mas a adopção inicial por Fresnel da velha ideia ondulatória foi claramente uma questão de gosto<sup>(42)</sup>. Se fosse irracional *trabalhar com base* numa teoria, cuja superioridade não estivesse ainda estabelecida, então quase toda a história da ciência seria de facto racionalmente inexplicável. Mas, por acaso, a revolução copernicana pode explicar-se como racional com base na metodologia dos programas de investigação científica.

#### 4 – A revolução copernicana à luz da metodologia dos programas de investigação científica

A metodologia dos programas de investigação científica é uma nova metodologia demarcacionista (isto é, uma definição *universal* de progresso) que tenho vindo a defender desde há alguns anos e que, segundo me parece, representa uma melhoria comparativamente a anteriores metodologias demarcacionistas e ao mesmo tempo foge, pelo menos, a algumas das críticas que os elitistas e os relativistas endereçaram contra o indutivismo, o falsificacionismo e os restantes.

Explicarei, em primeiro lugar, de modo rudimentar as características centrais desta metodologia.

Em primeiro lugar, a minha unidade de apreciação não é uma hipótese isolada (ou uma conjunção de hipóteses): um programa de investigação é antes um tipo especial de «mudança de problemática». Consiste numa série de teorias em desenvolvimento. Além disso, esta série em desenvolvimento tem uma estrutura. Apresenta um *centro firme* tenaz, como as três leis do movimento e a lei da gravitação no programa de investigação de Newton, e tem uma *heurística*, que inclui um conjunto de técnicas para a resolução de problemas. (Isto, no caso de Newton, era constituído pelo aparato

matemático do programa, envolvendo o cálculo diferencial, a teoria da convergência e as equações diferenciais e integrais.) Finalmente, um programa de investigação tem um amplo escudo de hipóteses auxiliares com base nas quais estabelecemos as condições iniciais. A cintura protectora do programa newtoniano incluía a óptica geométrica, a teoria de Newton da refacção atmosférica, etc. Chamo a esta cintura uma cintura *protectora* porque ela protege o centro firme das refutações: as anomalias não são encaradas como refutações do centro firme, mas de uma hipótese da cintura protectora. Em parte, por influência da pressão empírica (mas, em parte, respeitando um *plano* definido pela sua heurística), a cintura protectora é constantemente modificada, melhorada, complicada, enquanto o núcleo firme permanece intacto.

Tendo especificado que a unidade da ciência em completo desenvolvimento é um programa de investigação, passarei agora a estabelecer as leis para a apreciação de programas. Um programa de investigação é ou progressivo ou degenerativo. É *teoricamente progressivo* se cada modificação conduzir a novas e inesperadas predições, e é *empiricamente progressivo* se pelo menos algumas destas novas predições forem corroboradas. É sempre fácil para o cientista lidar com uma *dada* anomalia levando a cabo ajustamentos adequados no seu programa (por exemplo, juntando um novo epíclo). Tais manobras são *ad hoc*, e o programa é *degenerativo*, a menos que elas expliquem não só os factos dados que visavam explicar, mas predigam também algum facto novo. O exemplo supremo de um programa progressivo é-nos oferecido pelo programa de Newton. Antecipou com êxito factos novos, como o regresso do cometa de Halley, a existência e a trajectória de Neptuno e o abaulamento da Terra.

Um programa de investigação nunca resolve todas as suas anomalias. As «refutações» são sempre abundantes. O que importa são uns poucos sinais dramáticos de progresso empírico. Esta metodologia contém também uma noção de *progresso heurístico*: as sucessivas modificações da cintura protectora devem obedecer ao espírito da heurística. Os cientistas não gostam, com razão, de utilizar expedientes *ad hoc* para enfrentar as anomalias.

Um programa de investigação suplanta outro se apresentar comparativamente ao seu rival um conteúdo de verdade adicional, no sentido de que prediz progressivamente tudo o que o seu rival prediz com verdade e ainda algo mais<sup>(43)</sup>.

Antes de aplicarmos este esquema filosófico novo e possivelmente demasiado elaborado<sup>(44)</sup> à apreciação das teorias rivais, ou antes *programas* rivais de Ptolomeu e Copérnico, é necessário fazer uma observação importante.

Dois programas de investigação rivais podem tornar-se observacionalmente equivalentes se criarem versões falsificáveis e observacionalmente equivalentes dos dois, com o auxílio de hipóteses auxiliares *ad hoc*. Mas essa equivalência não apresenta qualquer interesse. Dois programas de investigação rivais só são equivalentes se forem idênticos. De outro modo as duas heurísticas diferentes actuam a velocidades diferentes. Mesmo que dois programas rivais expliquem a mesma variedade de evidência, a mesma evidência dará mais apoio a um deles dependendo de a evidência ter sido «produzida», por assim dizer, pela teoria ou explicada de uma maneira *ad hoc*. O peso da evidência não é apenas uma função de uma hipótese falsificável e da evidência; é também função de factores heurísticos e temporais<sup>(45)</sup>. O ponto de partida da metodologia dos programas de investigação científica é o problema normativo colocado pelo «convencionalismo revolucionário». Mas se o convencionalismo revolucionário está correcto, a equivalência observacional pode sempre gerar-se entre duas teorias rivais. O simplicismo concluiu que a evidência empírica perde o seu peso: apenas conta o grau de simplicidade. A falsificabilidade de Popper e o grau de progressividade de Lakatos e Zahar põem de parte a ambiguidade e as armadilhas dos graus de coerência e reabilitam, de maneiras radicalmente novas, um respeito «positivista» pelos factos.

O aspecto descritivo da metodologia dos programas de investigação científica é claramente superior ao aspecto descritivo das metodologias anteriormente discutidas. Tanto Ptolomeu como Copérnico trabalharam com base em *programas de investigação*. Não testaram simplesmente conjecturas ou tentaram harmonizar

uma vasta conjunção de resultados observacionais, nem se *empenharam* em «paradigmas» baseados em qualquer comunidade. Apresentarei uma descrição dos dois programas de investigação (o que, suponho, será razoavelmente incontroverso) e apresentarei também uma apreciação dos seus progressos e degenerescências respectivas.

Ambos os programas derivaram do programa pitagórico-platónico, cujo princípio básico era que, dada a perfeição dos corpos celestes, todos os fenómenos astronómicos deveriam ser salvos por uma combinação de um número tão pequeno quanto possível de movimentos circulares uniformes (ou rotações esféricas uniformes em torno de um eixo). Este princípio permaneceu como a pedra angular da heurística de ambos os programas. Este protoprograma não continha quaisquer directivas relativas à localização do centro do universo. A heurística era neste caso essencial, o «centro firme» tinha uma importância secundária<sup>(46)</sup>. Algumas pessoas, como Pitágoras, acreditavam que o centro era uma esfera ígnea invisível a partir das regiões habitadas da Terra; outros, como alguns platónicos, que era o Sol; e ainda outros, como Eudoxo, que era a própria Terra. A hipótese geocêntrica «estabilizou-se» como uma autêntica suposição de centro firme apenas com o desenvolvimento de uma física terrestre aristotélica elaborada, com os seus movimentos naturais e violentos e a sua separação da química terrestre ou sublunar dos quatro elementos da pura e eterna *quinta essentia* celeste.

A primeira teoria geocêntrica rudimentar dos céus era constituída por órbitas concêntricas em torno da Terra, uma para as estrelas e uma para cada outro corpo celeste. Mas isto era reconhecido como um «modelo ideal» falso e, como já Eudoxo antevira, mesmo se o esquema rudimentar funcionasse para as estrelas, ele não funcionava, nitidamente, para os planetas. Como é do conhecimento geral, Eudoxo inventou um sistema de esferas em rotação de modo a explicar o movimento planetário. Introduziu vinte e seis dessas esferas de modo a explicar — ou antes a salvar — as posições e as retrogradações dos planetas. O modelo não predizia quaisquer factos novos e falhava na resolução de algumas anomalias sérias como a variação dos graus de intensidade

luminosa dos planetas. Depois de este sistema de esferas em rotação ter sido abandonado, todos os movimentos singulares no programa geo-estático estavam em oposição à heurística platônica. A excêntrica deslocava a Terra do centro do círculo; os epiciclos de Apolônio e Hiparco mostravam que as trajetórias reais dos planetas em torno da Terra não eram circulares; e, finalmente, os equantos ptolomaicos implicavam que até mesmo o movimento do centro vazio do epiciclo não era simultaneamente uniforme e circular — era uniforme, mas não era circular quando observado do ponto do equanto; era circular mas não uniforme quando observado do centro da deferente: a circularidade uniforme foi substituída por uma quase circularidade quase uniforme.

O uso do equanto foi equivalente ao abandono da heurística platônica. Não é de admirar, portanto, que num estágio inicial deste desenvolvimento, astrónomos como Heráclides e Aristarco iniciassem ensaios com sistemas parcialmente ou completamente heliocêntricos. Cada passo no programa geocêntrico tinha lidado com certas anomalias, mas tinha-o feito de uma maneira *ad hoc*. Não se produziram quaisquer predições novas, as anomalias eram ainda abundantes e seguramente cada passo tinha-se afastado da heurística platônica original<sup>(47)</sup>.

Copérnico reconheceu a degenerescência heurística do programa platônico nas mãos de Ptolomeu e dos seus sucessores. Supôs que a periodicidade do movimento planetário se encontrava ligada a — e, na realidade, esgotada por — combinações de movimentos circulares uniformes<sup>(48)</sup>. Copérnico endereçou três acusações de recurso a manipulações *ad hoc* contra Ptolomeu.

(a) A introdução dos equantos violou a heurística do próprio programa de Ptolomeu. Foi heurísticamente *ad hoc* (*ad hoc*3). Esta objecção ocorre no terceiro parágrafo do *Commentariolus*. No segundo parágrafo, Copérnico menciona os esforços vãos de Calipo e Eudoxo para salvar os fenómenos através de um sistema de esferas concêntricas.

(b) Em virtude da diferença entre os anos solares e siderais, Ptolomeu atribuiu dois movimentos distintos à esfera das estrelas: a rotação diária e uma rotação em torno do eixo da eclíptica.

Este era já um dos defeitos mais importantes do sistema ptolomaico, visto que as estrelas, sendo os corpos mais perfeitos, deviam ter um único movimento uniforme.

No seu *Commentariolus*, Copérnico chamou a atenção para o facto de o ano sideral fornecer uma unidade de tempo mais rigorosa do que o ano solar. De acordo com Ravetz<sup>(49)</sup>, Copérnico deve ter partido de dados erróneos e concluído que a diferença entre os anos solar e sideral varia irregularmente; a esfera celeste deve, por conseguinte, girar irregularmente em torno do eixo da eclíptica. Assim, o Sol move-se de modo não uniforme em torno da Terra. Esta é ainda uma outra violação da heurística platônica, e constitui mais uma degenerescência heurística<sup>(50)</sup>.

(c) Apesar de todas estas violações da heurística platônica, o programa geo-estático permaneceu empiricamente *ad hoc*, isto é, sempre atrasado relativamente aos factos.

Copérnico não criou um programa completamente novo; resuscitou a versão de Aristarco do programa platônico. O centro firme deste programa é a afirmação de que as estrelas fornecem o quadro de referência essencial para a física. Copérnico não inventou uma nova heurística, mas tentou restaurar e rejuvenescer a heurística platônica<sup>(51)</sup>.

Terá Copérnico sido melhor sucedido que Ptolomeu na criação de uma teoria mais verdadeiramente platônica? Sim. De acordo com a heurística platônica, as estrelas, sendo os corpos mais perfeitos, deviam idealmente apresentar o movimento mais perfeito, a saber, uma única rotação uniforme em torno de um eixo. Note-se que o movimento circular uniforme é perfeito porque pode ser assimilado a um estado de repouso: sendo todos os pontos do círculo equivalentes, o movimento circular uniforme não se distingue do repouso ou da ausência de mudança. Vimos que, na época de Copérnico, os astrónomos ptolomaicos atribuíam à esfera celeste (pelo menos) dois movimentos distintos: uma rotação diária e uma rotação em torno do eixo da eclíptica. Eles também tornaram irregular, devido a dados erróneos, esta segunda rotação.

Copérnico, todavia, fixou as estrelas, tornando-as assim genuinamente imutáveis. É verdade que ele teve de transferir o seu

movimento para a Terra; mas no seu sistema a Terra é um planeta e os planetas são de qualquer maneira menos perfeitos do que as estrelas, quanto mais não seja em virtude dos seus múltiplos movimentos epicíclicos. (Estes múltiplos movimentos epicíclicos eram aceites tanto pelos ptolomaicos como pelos copernicanos.)

Copérnico libertou-se do equanto e produziu um sistema que, apesar da eliminação do equanto, continha apenas quase tantos círculos como o sistema ptolomaico<sup>(52)</sup>.

Além da sua superioridade heurística sobre o *Almagesto*, a astronomia copernicana não era inferior à astronomia ptolomaica no que respeita à salvação dos fenómenos. De facto, a teoria lunar de Copérnico representava um progresso empírico nítido sobre a teoria de Ptolomeu. Utilizando a Terra como um ponto de equanto, Ptolomeu tinha sido bem sucedido na descrição do movimento angular da Lua; contudo, a Lua teria apresentado, em certos pontos da sua trajectória, o dobro do seu diâmetro aparente (observável). Copérnico não só dispensou o recurso aos equantos mas também, através da substituição dos equantos pelos epiciclos, conseguiu melhorar a adequação entre a teoria e a observação<sup>(53)</sup>.

O programa de Copérnico era seguramente teoricamente progressivo. Antecipava novos factos nunca antes observados. Antecipava as fases de Vénus. Predizia também a paralaxe das estrelas, embora essa predição fosse largamente qualitativa, visto que Copérnico não fazia ideia de qual era a dimensão do sistema planetário. Não foi, como o diz Neugebauer, «um passo na direcção errada» a partir de Ptolomeu<sup>(54)</sup>.

Mas a predição das fases de Vénus não foi corroborada até 1616. Por conseguinte, a metodologia dos programas de investigação científica concorda com o falsificacionismo até ao ponto de aceitar que o sistema de Copérnico não foi *completamente* progressivo até Galileu, ou mesmo até Newton, quando o seu núcleo firme foi incorporado no programa de investigação newtoniano completamente diferente e que era extremamente progressivo. O sistema copernicano pode ter constituído um progresso heurístico dentro da tradição platónica, pode ter sido teoricamente progressivo, mas não teve quaisquer factos novos a seu crédito até 1616<sup>(55)</sup>. Parece que

*a revolução copernicana só se tornou inteiramente uma revolução científica em 1616, quando foi quase imediatamente abandonada e substituída pela nova física orientada para a dinâmica.*

Do ponto de vista da metodologia dos programas de investigação científica, o programa copernicano foi, não ulteriormente desenvolvido mas antes abandonado por Kepler, Galileu e Newton. Esta é uma consequência directa da mudança de ênfase das hipóteses de «núcleo firme» para a heurística<sup>(56)</sup>.

Esta conclusão, muito importuna, parece ser inevitável desde que consideremos a predição apenas de factos temporalmente novos como o critério de progresso. Contudo, Zahar foi levado a propor, com base em considerações inteiramente independentes da história da revolução copernicana, um novo critério de progresso científico — um critério que representa uma melhoria importante do que foi fornecido pela metodologia dos programas de investigação científica<sup>(57)</sup>.

##### 5 – A revolução copernicana à luz da nova versão de Zahar da metodologia dos programas de investigação científica

Defini originalmente uma predição como «nova», «invulgar» ou «dramática», se ela fosse inconsistente com expectativas anteriores, com o conhecimento preliminar inatacado e, em particular, se os factos preditos fossem proibidos pelo programa rival. Os melhores factos novos foram aqueles que poderiam nunca ter sido observados se não fosse a teoria que os antecipou. Os meus exemplos favoritos de tais predições que foram corroboradas (e, por isso, sustentaram a teoria com base na qual foram feitas) são o regresso do cometa de Halley, a descoberta de Neptuno, a curvatura einsteiniana dos raios luminosos, a experiência de Davisson-Germer<sup>(58)</sup>. Mas, de acordo com este ponto de vista, o programa copernicano apenas se tornou *empiricamente* progressivo em 1616. Se é este o caso, pode compreender-se sem dificuldade por que motivo os seus proponentes iniciais, na falta de conteúdo adicional corroborado, acentuaram tanto a sua superior «simplicidade».

Interessantemente, a metodologia modificada dos programas de investigação científica de Elie Zahar oferece um quadro muito diferente. A modificação de Zahar assenta essencialmente na sua nova concepção de «facto novo». Do seu ponto de vista, a explicação do periélio de Mercúrio proporcionou um sustentáculo empírico crucial, uma «corroboração dramática», à teoria de Einstein, muito embora, como proposição empírica de baixo nível, tivesse sido conhecida durante quase cem anos<sup>(59)</sup>. Isto não era um facto novo no meu sentido original, todavia era «dramático». Mas «dramático» em que sentido? «Dramático» no sentido de que, no plano original de Einstein, o periélio anómalo de Mercúrio não desempenhava qualquer papel. A sua solução exacta foi, por assim dizer, um presente inesperado de Schwarzschild, um resultado que era um sucedâneo não intencional do programa de Einstein. O mesmo é aplicável ao papel da fórmula de Balmer no programa de Bohr. O problema inicial de Bohr não era o de descobrir os segredos do espectro de hidrogénio, mas o de solucionar o problema da estabilidade do núcleo atómico; por conseguinte, a fórmula de Balmer proporcionou um sustentáculo comprovativo «dramático» à teoria de Bohr, muito embora não fosse, temporalmente falando, um facto novo.

Analisemos agora a situação em 1543 e vejamos se o programa de Copérnico tinha um apoio *imediatos* dos factos que eram novos no sentido de Zahar.

A proto-hipótese de Copérnico era a de que os planetas se movem uniformemente descrevendo círculos concêntricos em torno do Sol; a Lua move-se num epiciclo centrado na Terra<sup>(60)</sup>. A pretensão de Zahar é a de que vários factos importantes respeitantes aos movimentos planetários são consequências directas das suposições copernicanas originais e que, embora esses factos fossem anteriormente conhecidos, davam muito mais apoio a Copérnico do que a Ptolomeu, dentro de cujo sistema eles eram tratados apenas de uma maneira *ad hoc*, por ajustamento de parâmetros.

A partir do modelo copernicano básico e da suposição de que os planetas inferiores têm um período mais pequeno enquanto os

planetas superiores têm um período maior do que o da Terra<sup>(61)</sup>, podem ser preditos, *anteriormente a qualquer observação*, os seguintes factos:

(I) *Os planetas apresentam posições e retrogressões.*

Recordemos que os 26 orbes concêntricos de Eudoxo já se encontravam adulterados para explicar as posições estacionárias e as retrogressões cuidadosamente observadas. No programa de Copérnico, as posições estacionárias e as retrogressões são simples consequências lógicas do modelo imperfeito. Além disso, no programa de Copérnico, isto explica as variações na luminosidade dos planetas anteriormente criadoras de perplexidade e não resolvidas.

(II) *Os períodos dos planetas superiores, tal como observados da Terra, não são constantes.*

Para Ptolomeu, esta premissa observacional é muito difícil de explicar; para Copérnico, é uma trivialidade teórica.

(III) *Se um astrónomo toma a Terra como a origem do seu esquema fixo, ele atribuirá a cada planeta um movimento complexo do qual um dos componentes é o movimento do Sol.*

Esta é uma consequência imediata do modelo copernicano: uma mudança de origem leva à adição do movimento aparente do Sol ao movimento de qualquer outro móvel.

Para Ptolomeu, isto é um acidente cósmico que se tem de aceitar *depois* de um estudo cuidadoso dos factos. Assim, Copérnico *explica* o que para Ptolomeu é um resultado fortuito, da mesma maneira que Einstein explica a igualdade das massas inerciais e gravitacionais, que era um acidente na teoria newtoniana<sup>(62)</sup>.

(IV) *A elongação dos planetas inferiores é limitada e os períodos (calculados) dos planetas aumentam estritamente com as suas distâncias (calculáveis) ao Sol.*

De modo a explicar o facto de a elongação de Vénus ao Sol ser limitada, Ptolomeu serviu-se da suposição arbitrária de que a Terra, o Sol e o centro do epiciclo de Vénus permanecem colineares. Segue-se de acordo com o critério do sustentáculo empírico de Zahar que a elongação limitada de Vénus proporciona pouco ou nenhum suporte ao sistema ptolomaico. Copérnico, por

seu lado, não necessita de quaisquer suposições *ad hoc*. A sua teoria implica que um planeta é inferior se e somente se, a sua elongação é limitada. Por isso Vénus é um planeta inferior. De modo semelhante Marte é um planeta superior, porque a sua elongação não é limitada. *Esta hipótese é testável independentemente tal como se segue.* Seja  $P$  a denotação de qualquer planeta — superior ou inferior — e seja  $T_p$  o período de  $P$ ,  $T_e$  o período da Terra (isto é, um ano), e  $tp$  o intervalo de tempo entre duas retrogressões sucessivas de  $P$ . Nesse caso um cálculo simples mostra que, desde que a retrogressão ocorra quando o planeta passa pela Terra, as relações que se seguem entre  $T_p$ ,  $T_e$  e  $tp$  são válidas.

$$1/T_p - 1/T_e = 1/tp$$

se  $P$  é um planeta inferior; e

$$1/T_e - 1/T_p = 1/tp$$

se  $P$  é um planeta superior.

Note-se que  $tp$  é mensurável e que  $T_e$  é conhecido e igual a um ano. Deste modo as equações acima expostas permitem-nos calcular  $T_p$ .

No caso de um planeta superior, segue-se da segunda equação que  $1/T_e > 1/tp$ ; isto é  $T_e < tp$ . Por isso podemos predizer que se a elongação de um planeta é ilimitada, então o intervalo entre dois movimentos retrógrados sucessivos do planeta é maior do que um ano. Este é um facto novo — embora bem conhecido — predito e, por conseguinte, «explicado», pelo programa copernicano. Dá apoio ao programa de Copérnico sem dar apoio ao programa de Ptolomeu. Neugebauer tem razão ao pretender que «a contribuição mais importante de Copérnico para a astronomia [foi] a determinação das dimensões absolutas do nosso sistema planetário» (63).

Uma vez obtidos os períodos dos planetas, Copérnico prossegue calculando as distâncias entre eles e o Sol. Um tal método de cálculo é descrito por Kuhn(64). O período de um planeta aumenta estritamente com a sua distância ao Sol, isto é, à origem do esquema de referência copernicano. Isto é consistente com o conhecimento preliminar aceite. O programa ptolomaico, como

tal, não tem lugar para as distâncias planetárias, mas apenas para os movimentos angulares dos planetas. *Por isso, a determinação das distâncias planetárias representa conteúdo adicional da teoria de Copérnico sobre a teoria de Ptolomeu.*

Também a astronomia ptolomaica pode ser levada a produzir as distâncias planetárias estabelecendo arbitrariamente que

$$r/R = \frac{\text{raio do epíclio}}{\text{raio da deferente}} = \text{distância entre um planeta inferior e o Sol (sendo a distância da Terra tomada como unidade)}$$

$$R/r = \text{distância de um planeta superior}^{(65)}.$$

Podem usar-se estas equações para calcular as distâncias médias dos planetas a partir da Terra. Mas estas equações encontram-se enxertadas de modo *ad hoc* no programa ptolomaico. E verifica-se que, embora Mercúrio, Vénus e o Sol tenham aproximadamente o mesmo período, a sua distância à origem ptolomaica, isto é, à Terra, difere amplamente; e isto contradizia a hipótese preliminar geralmente defendida na altura de que o período aumenta com a distância ao centro fixo ao qual o movimento se reporta.

Uma histórica experiência mental pode iluminar a força corroboradora destes factos. Imaginemos que em 1520 — ou antes — tudo o que sabíamos acerca dos céus era que o Sol e os planetas se movem periodicamente em relação à Terra; mas as nossas observações, suponhamos, eram, por causa dos enevoados céus polacos, tão escassas que as posições estacionárias e as retrogressões nunca foram experimentalmente verificadas. Em virtude da sua adoração ao Sol e da sua crença na heurística platónica, o astrónomo X propõe o modelo copernicano básico. O astrónomo Y, que adere à heurística platónica mas também à dinâmica aristotélica, avança o correspondente modelo geocêntrico: o Sol e os planetas movem-se uniformemente em círculos centrados na Terra. A ser assim, então a teoria de X teria sido dramaticamente confirmada por observações levadas a cabo mais tarde nas costas do Mediterrâneo. As mesmas observações teriam refutado a hipótese de Y e obrigado este a recorrer a uma série de manobras

*ad hoc* (supondo que Y não ficasse tão desencorajado que abandonasse imediatamente o seu programa).

A análise de Zahar explica assim a realização de Copérnico como constituindo um progresso genuíno quando comparada com Ptolomeu. A revolução copernicana tornou-se uma grande *revolução científica não porque tenha modificado a Weltanschauung* europeia, nem — como o pretenderia Paul Feyerabend — *porque* se tornou também uma mudança revolucionária da visão do homem do seu lugar no Universo, mas simplesmente porque foi *cientificamente* superior. Também mostra que existiam boas razões objectivas para Kepler e Galileu adoptarem a suposição helioestática, visto que o *modelo imperfeito* de Copérnico (e na realidade o de Aristarco) tinha poder preditivo adicional sobre o seu rival ptolomaico<sup>(66)</sup>.

Nesse caso, por que motivo é que Copérnico não ficou satisfeito com o seu *Commentariolus*? Por que motivo trabalhou durante décadas até completar o seu sistema antes de o publicar? Porque não estava satisfeito com o mero progresso do seu programa, mas queria realmente *suplantar* Ptolomeu; isto é, em vez de apenas predizer factos «novos» que o sistema de Ptolomeu não tinha «predito», ele queria explicar *todas* as verdadeiras consequências da teoria ptolomaica. Foi por este motivo que teve de escrever o *De revolutionibus*. Mas revelou-se que, para além dos seus sucessos iniciais, Copérnico apenas podia salvar todos os fenómenos ptolomaicos de uma maneira *ad hoc*, que nos seus aspectos dinâmicos era muito insatisfatória<sup>(67)</sup>. Assim, Kepler e Galileu partiram não do *De revolutionibus*, mas antes do *Commentariolus*. Partiram do ponto em que a energia se esgotava no programa copernicano. Em virtude do sucesso inicial do modelo imperfeito e da degenerescência do programa completo, Kepler afastou a velha heurística e introduziu uma nova e revolucionária, baseada na ideia de dinâmica heliocêntrica<sup>(68)</sup>.

Terminarei referindo-me a uma consequência trivial desta exposição, que espero que pelo menos *alguns* de entre vocês considerem afrontosa. A nossa abordagem é estritamente internalista. Não há nela lugar para o espírito do Renascimento, tão caro a

Kuhn, nem para a agitação da Reforma e da Contra-Reforma; nenhum impacto do eclesiástico; nenhum sinal de qualquer efeito da ascensão real ou alegada do capitalismo no século XVI; nenhuma motivação das necessidades da navegação tão estimadas por Bernal. Todo o desenvolvimento é estritamente interno; a sua parte progressiva poderia ter ocorrido em qualquer momento, dado um génio copernicano, entre Aristóteles e Ptolomeu ou em qualquer ano depois da tradução do *Almagesto* para latim de 1175, ou, quanto a isso, depois da tradução por um astrónomo árabe no século IX. A história externa é, *neste caso*, não só secundária como quase redundante<sup>(69)</sup>. É claro que o sistema de patrocínio da astronomia através das sinecuras da Igreja desempenhou um papel; mas estudá-lo em nada contribuirá para a nossa compreensão da revolução científica copernicana.

#### 6 – Um pós-escrito sobre a história da ciência e as suas reconstruções racionais(\*)

Nas secções anteriores foi proposta uma nova solução para a questão relativa a saber por que motivo o programa de Copérnico suplantou (objectivamente) o de Ptolomeu. Foi superior ao de Ptolomeu em todos os três critérios habituais utilizados para apreciar os programas de investigação: os critérios de progresso teórico, empírico e heurístico. Predisse um largo leque de fenómenos, foi corroborado por factos novos e, a despeito dos elementos degenerativos do *De Revolutionibus*, tinha mais unidade heurística do que o *Almagesto*. Também se mostrou que Galileu e Kepler rejeitaram o programa copernicano, mas aceitaram o seu centro firme aristarquiano. De preferência a *iniciar* uma revolução, Copérnico agiu como uma parteira relativamente ao nascimento de um programa com o qual nunca sonhou, a saber

(\*) Esta secção do ensaio foi escrita só por Lakatos, pouco tempo depois de o resto do ensaio ter sido terminado. É aqui publicada pela primeira vez (Orgs.).

de um programa antiptolomaico, que fez a astronomia *regressar* a Aristarco e ao mesmo tempo *avançar* em direcção a uma nova dinâmica.

Tendo apresentado uma *apreciação objectiva da realização de Copérnico*, o historiador pôde avançar para uma segunda classe de questões. Por que motivo Kepler e Galileu *aceitaram* o centro firme de Copérnico e por que motivo *rejeitaram* a sua heurística platónica? Por que razão receberam as pessoas as suas teorias como o fizeram? E, também, qual era a situação-problema de Copérnico e a sua motivação para dar início a um novo programa?

A questão das *motivações e da recepção à realização de Copérnico* é uma questão importante e não pode obter uma resposta em termos estritamente «internos». O presente ensaio não se preocupa com a resposta. O que tentarei, todavia, demonstrar é que (1) a primeira questão pode obter uma resposta completa sem passarmos à segunda questão e independentemente desta, e (2) *apenas* se pode responder à segunda questão assumindo explícita ou implicitamente uma resposta à primeira. Isto implica que a filosofia da ciência tem uma importância essencial ao escrever a história da ciência e que a sociologia e a psicologia têm uma importância secundária. Qualquer resposta à primeira questão filosófica constitui a espinha dorsal de uma «reconstrução racional» «interna» da história, sem a qual a história completa não pode ser escrita<sup>(70)</sup>.

Argumentei já em favor destas teses na minha «*História da ciência e suas reconstruções racionais*», mas tentarei clarificar mais alguns dos seus pontos.

Os próprios *problemas* do historiador são determinados pela sua metodologia (isto é, teoria da apreciação). O indutivista procurará a base factual da teoria copernicana e, depois de ter inventado uma em desespero de causa, o seu problema externo essencial consistirá em saber por que motivo certos tipos de factos foram observados, não na China mas antes na Europa, e não no século X mas antes no século XVI. O falsificacionista procurará experiências cruciais entre Copérnico, Ptolomeu e Tycho, e terá de explicar (recorrendo a mitos externos) por que motivo os cien-

tistas — sem dúvida, «irracionalmente» — aceitaram a teoria de Copérnico *antes* da descoberta da paralaxe e mesmo da aberração da luz. O simplicista ocultará pelo menos algumas das complicações do *De Revolutionibus* e, em seguida, tem de explicar por que razão esta esmagadora simplicidade não satisfez Tycho que, no fim de contas, destruiu alguma da simplicidade de modo «irracional». O kuhniiano inventará uma história respeitante ao monopólio da teoria ptolomaica até ao início do século XVI e imaginará uma «crise» seguida por uma «conversão imediata»<sup>(71)</sup>. Também os que adoptam a metodologia dos programas de investigação científica não podem explicar a aceitação ou a rejeição de uma teoria sem aduzirem hipóteses psicológicas adicionais. A apreciação em si mesma não implica logicamente a aceitação ou a rejeição. Mas as hipóteses auxiliares psicológicas aduzidas variarão de acordo com a teoria normativa de apreciação, e esta é a base racional para a minha relativização da distinção interno/externo para a metodologia.

Mostrarei com algum pormenor pedante por que motivo um critério de apreciação sozinho não pode de modo algum explicar a história da ciência. Tomemos a proposição  $P_3$ : «A teoria (ou programa de investigação)  $T_1$  era superior na época  $t$  a  $T_2$ .» Desta proposição não se segue que «todos (ou alguns) cientistas aceitassem na época  $t$  que  $T_1$  era superior a  $T_2$ ». Chamarei a esta proposição  $P_{2.1}$ . A primeira proposição pode muito bem ser verdadeira, embora a segunda seja falsa. Mas acrescentemos a  $P_3$  uma premissa psicológica como  $P_{2.2}$ : «(todos) os cientistas aceitarão — *ceteris paribus* —  $T_1$  em detrimento de  $T_2$  na época  $t$  se  $T_1$  for superior a  $T_2$  na época  $t$ .» De  $P_3$  e  $P_{2.2}$ , dadas algumas suposições psicológicas fracas adicionais<sup>(72)</sup>, segue-se  $P_{2.1}$ . Se  $T_1$  e  $T_2$  são programas de investigação, da aceitação de  $T_1$  como superior ( $P_{2.1}$ ) a decisão de não trabalhar com base em  $T_2$  mas antes em  $T_1$  apenas se segue se forem acrescentadas ulteriores suposições psicológicas substanciais<sup>(73)</sup>.

Verificamos que neste esquema dedutivo para a explicação da mudança científica existem tanto premissas do «terceiro mundo» como premissas psicológicas. Além disso, as premissas

psicológicas são obrigatoriamente diferentes de acordo com as diferenças nas premissas do «terceiro mundo». Precisamos de uma espécie de teoria psicológica para explicar por que razão os cientistas aceitaram o copernicanismo como oposto à teoria de Tycho antes da observação da paralaxe, se formos (ou suposermos que eles o são) falsificacionistas. Mas precisamos de outra espécie de teoria psicológica para explicar porque motivo eles se conduziram da mesma maneira se formos (ou suposermos que eles são) indutivistas. Se defendemos que as decisões racionais respeitantes à aceitação e rejeição de programas de investigação se baseiam em aplicações subconscientes ou semiconscientes da metodologia de Lakatos ou de Zahar, mas acompanhadas por fenómenos de falso conhecimento, podemos necessitar de uma blindagem sociopsicológica complexa para explicar uma viragem de um programa para outro.

Na realidade, a nossa premissa crucial («interna») do «terceiro mundo» define a situação-problema para o «externalista». O esqueleto interno da história racional define os problemas externos. Por exemplo, tal como o realcei, para um indutivista, todos os problemas de prioridade parecerão não funcionais; para um seguidor da metodologia dos programas de investigação científica, alguns podem ser perfeitamente funcionais. Os esquemas explicativos psicológicos/sociológicos respectivos de algumas disputas relativas à prioridade podem ser amplamente diferentes. Também, se uma teoria é rejeitada por causa de uma única anomalia, os falsificacionistas apenas necessitam de uma premissa psicológica fraca (uma espécie de princípio da racionalidade falsificacionista) para explicar como uma rejeição *racional*. Os que defendem que o princípio operativo é a metodologia dos programas de investigação científica têm de conceber uma teoria possivelmente muito sofisticada da falsa consciência para explicarem — no mesmo caso — como *racional* a rejeição.

Todos os historiadores da ciência que distinguem entre progresso e degenerescência, ciência e pseudociência, são obrigados a utilizar uma premissa de apreciação do «terceiro mundo» ao explicarem a mudança científica. *É o uso de uma tal premissa nos*

*esquemas explicativos que descrevem a mudança científica que eu chamei «reconstrução racional da história da ciência».* Existem diferentes reconstruções racionais rivais para qualquer mudança histórica e uma reconstrução é melhor do que outra se explica uma maior quantidade da história da ciência; isto é, as reconstruções racionais da história são programas de investigação, com uma apreciação normativa como núcleo firme e hipóteses psicológicas (e condições iniciais) na cintura protectora. Estes programas de investigação historiográfica devem ser apreciados como qualquer outro programa de investigação pelo seu progresso e degenerescência. Pode testar-se qual é o programa de investigação historiográfica superior descobrindo qual o sucesso obtido pelas suas explicações do progresso científico. No caso da revolução copernicana, esta palestra era apenas programática: o teste real apenas surgirá quando a apreciação for completada por uma explicação integral.

Finalmente, desejo clarificar alguns pontos que derivam de anteriores discussões da minha teoria.

Em primeiro lugar, não é verdade que eu *proponha* uma reconstrução racional da história da ciência *oposta* à sua descrição e explicação. Sustento antes que todos os historiadores da ciência *que defendem que o progresso da ciência é o progresso no conhecimento objectivo* utilizam uma reconstrução racional.

Em segundo lugar, no meu próprio programa de reconstrução racional (para o qual aceito agora a importante modificação de Zahar), não há qualquer «tentativa de me proteger da história real»<sup>(74)</sup>. Esta acusação kuhniana foi provavelmente causada por uma graça minha bastante mal sucedida. Há alguns anos, escrevi que «uma maneira de evidenciar as discrepâncias entre a história e a sua reconstrução racional consiste em narrar a história interna *no texto*, e indicar *nas notas de pé de página* como é que a história se «comportava mal» à luz da sua reconstrução racional». Evidentemente, essas paródias podem ser escritas e podem até ser instrutivas; mas eu nunca afirmei que esta é a maneira segundo a qual a história se devia realmente escrever e, de facto, nunca escrevi história desta maneira exceptuando numa ocasião<sup>(75)</sup>.

A acusação de Kuhn de que a minha concepção da história «não é de modo algum história, mas filosofia a forjar exemplos», é falsa. Defendo que todas as histórias da ciência são *sempre* filosofias a forjarem exemplos. A filosofia da ciência determina em larga medida a explicação histórica e Kuhn forneceu-nos provavelmente a mais colorida. Mas, igualmente, toda a física ou qualquer tipo de asserção empírica (isto é, teoria) é «filosofia a forjar exemplos». Isto é, seguramente, desde Kant e Bergson, um lugar-comum. Mas, evidentemente, algumas das coisas forjadas em física são melhores do que outras e algumas das forjadas em história são melhores do que outras. E eu apresento critérios bem definidos que se forem usados podem permitir comparar coisas forjadas rivais tanto na física *como* na história — e afirmo que as minhas coisas forjadas contêm mais verdade do que as de Kuhn.

## NOTAS

(<sup>1</sup>) Este esboço apenas diz respeito ao aspecto normativo do problema indicado no título do ensaio. Não procura aprofundar o estudo sociopsicológico da revolução copernicana.

(<sup>2</sup>) De acordo com Urbach (Urbach [1974]), ela é irracional. Mas quer Urbach tenha razão quer ele esteja errado, a decisão da Stanford University de não permitir ao vencedor do prémio Nobel, Shockley, fazer uma conferência sobre raça e inteligência é tão chocante quanto a decisão da Leeds University de lhe recusar o doutoramento *honoris causa* em engenharia em virtude de Lord Boyle e Jerry Ravetz (um brilhante estudioso de Copérnico) terem considerado que ele defendia uma teoria que era contrária à chamada doutrina «liberal».

(<sup>3</sup>) Galileu [1615].

(<sup>4</sup>) Cf. e. g. Price [1959], pp. 204-5.

(<sup>5</sup>) Cf. e. g. Popper [1972], especialmente capítulos 3 e 4.

(<sup>6</sup>) Cf., *mais à frente*, secções 3, 4 e 5.

(<sup>7</sup>) Citarei relativamente a este assunto uma fonte autorizada: «A teoria de Ptolomeu não era muito precisa. As posições de Marte, por exemplo, estavam algumas vezes erradas em aproximadamente 5°. Mas... as posições planetárias preditas por Copérnico... eram quase tão más quanto as de Ptolomeu» (Gingerich [1973]). Este erro era conhecido por Kepler e ele queixou-se dele no seu prefácio às suas *Tábuas Rudolfinas*. Era até mesmo do conhecimento de Adam Smith, como transparece do seu [1773]. (O ensaio de Smith foi escrito algum tempo antes de 1773, quando ele o mencionou numa carta a David Hume.) Gingerich também nos lembra de que «nos registos de observação de Tycho podemos encontrar exemplos ocasionais em que o esquema mais antigo, baseado nas *Tábuas Afonsinas*, produzia melhores predições do que as que podiam ser obtidas a partir das *Tábuas Prussianas* copernicanas» (Gingerich [1973]; cf. especialmente a sua n. 6 no mesmo ensaio).

(<sup>8</sup>) Kepler [1604]. Jeans descreve a ideia da Terra em movimento como o «teorema» de Copérnico [1948], p. 359, e pretende que «Copérnico tinha comprovado a sua causa» (*Ibid.*, p. 133).

(<sup>9</sup>) Cf. Born [1949], pp. 129-34; Achinstein [1970] e Dorling [1971].

(<sup>10</sup>) Para um terceiro critério, cf. p. 86.

(<sup>11</sup>) Popper [1963a], p. 246. Popper, ignorando Tycho, pensa que as fases de Vénus decidiram a questão a favor de Copérnico.

(<sup>12</sup>) Cf. secção 6 e o meu [1974d], n. 49.

(<sup>13</sup>) De facto, uma vez que um «falsificador potencial» popperiano pode ser interpretado como importante ou não importante dependendo da autoridade dos grandes cientistas, toda a filosofia da ciência de Popper se desmorona.

(<sup>14</sup>) *Não* em 1723, quando se produziu uma «experiência crucial» sobre a aberração da luz.

(15) Isto faz-nos lembrar bastante a história do papel desempenhado na revolução óptica pela determinação da velocidade da luz em meios opticamente mais densos que o ar. Antes do trabalho de Fresnel, tanto os teóricos corpusculares como os ondulatórios aceitavam que a descoberta da velocidade da luz na água, suponhamos, constituiria um factor decisivo para o debate. Mas quando os resultados de Foucault e Fizeau, na década de 1850, surgiram em favor da teoria ondulatória, tiveram pouco efeito — a questão já tinha sido decidida. (Cf. Worrall [1976b].)

(16) Johnson [1959], p. 220. O erro de Johnson torna-se ainda pior em virtude da confusão entre verificação e verdade. Watkins também parece ter defendido, na sua excelente, sob outros aspectos, crítica a Kuhn, que a rivalidade entre os copernicanos e os seus adversários foi decidida pela experiência crucial de 1838. (Watkins [1970], p. 36.)

(17) Para as linhas gerais de uma teoria geral de como a história da ciência pode ser um teste para as suas «reconstruções racionais» filosóficas cf. capítulo 1.

(18) Esta «equivalência observacional» é na realidade um grande mito simplicista; cf p. 88. Deveria ser, contudo, recordado que Copérnico pensava que esta maior simplicidade produziria também, *eo ipso*, melhores tábuas astronómicas, isto é, conduziria à salvação de *mais* fenómenos. Por conseguinte ele não acreditava na «equivalência observacional» entre a sua teoria e a de Ptolomeu.

(19) Smith [1773], p. 72.

(20) *Ibid.*, p. 75.

(21) Cf. e. g. Kuhn [1957] e Ravetz [1966a].

(22) Price [1959], p. 216. De acordo com Price, Copérnico «*aumentou a complexidade do sistema (ptolomaico) sem aumentar a sua precisão*» (os *itálicos* são da minha responsabilidade).

(23) Pannekoek [1961], p. 193.

(24) Kuhn [1957], p. 169.

(25) Kuhn [1957], p. 133.

(26) *Ibid.*, p. 174.

(27) Ravetz [1966b].

(28) O mais belo argumento em favor deste enunciado encontra-se nas pp. XVI-XVII do [1953] de Santillana. Um vislumbre é suficiente para demonstrar o assunto.

(29) Para o motivo por que Kepler *pensava* preferir Copérnico a Ptolomeu e a Brahe, cf. Westman [1972]. O motivo por que ele o preferia é mais difícil de imaginar.

(30) Ele fortaleceu o seu empirismo na sua «terceira exigência» (chamei-lhe «*aceitabilidade 2*»).

(31) Popper [1935].

(32) Cf. Feyerabend [1964]; um excelente ensaio do seu período quase popperiano. Agassi defende que a teoria de Copérnico não tinha qualquer superioridade *empírica*: de facto, Agassi pretende que Copérnico «*não foi bem suce-*

dido na demonstração de que o seu sistema é melhor do que o do Ptolomeu, para não falar na refutação deste» (Agassi [1963], p. 5).

(33) Para uma crítica das afirmações exageradas de Dreyer, The Halls, Price e Kuhn, cf. Hanson [1973], pp. 200-20. Que ele próprio realça demasiado a simplicidade («*sistematicidade*») transparece dos seus argumentos e de enunciados absurdos como: «(Copérnico), tal como Newton depois dele, e Aristóteles antes, não revelou quaisquer novos dados, nem tão-pouco os procurou» (*ibid.*, p. 87)

(34) Hanson [1973], pp. 212 e 233. Ironicamente, na p. 233, Hanson trocou por distração no seu manuscrito «*ptolomaico*» e «*copernicano*» e o editor da obra póstuma não se apercebeu ou não corrigiu o deslize.

(35) A Royal Society dá apoio financeiro à história da ciência, mas nenhum à filosofia da ciência.

(36) Polanyi [1966], p. 23. Também cf. o seu 1958, *passim*.

(37) Considero que a passagem que se segue confirma esta pretensão: «Se Kepler e Galileu preferiram o novo sistema heliostático de Copérnico, as razões para o fazerem foram muito mais específicas, variadas e sofisticadas do que as que termos tão vagos como «*simplicidade*» e «*conveniência*» deixam entrever: especialmente no começo, a teoria copernicana era na realidade de acordo com muitos testes substancialmente *menos simples* ou conveniente do que a análise tradicional ptolomaica. Assim, quando temos em consideração as modificações conceptuais entre teorias físicas sucessivas, a racionalidade que nos interessa não é nem um assunto *meramente formal*, como a articulação interna de um sistema matemático, nem um assunto *meramente pragmático*, de simples utilidade ou conveniência. Podemos, certamente, compreender o fundamento sobre o qual assenta, apenas se observarmos e percebermos como, na prática, teorias sucessivas e conjuntos de conceitos são em primeiro lugar aplicados, e mais tarde modificados no seio do desenvolvimento histórico da actividade intelectual que nos importa.» (Toulmin [1972], p. 65.)

(38) Kuhn [1957], p. 177, os *itálicos* são da minha responsabilidade. Para uma crítica geral desta posição polanyita cf. o meu [1974d].

(39) A posição de Kuhn relativamente à revolução copernicana mudou radicalmente do simplicismo essencialmente internalista do seu [1957] para os seus radicalmente sociologistas [1962] e [1963].

(40) Kuhn [1963], p. 367. Para Kuhn uma «*revolução*» *deve* ser precedida por uma «*crise*» tal como para um falsificacionista ingénuo uma nova conjectura *deve* ser precedida por uma refutação. Não causa surpresa o facto de Kuhn escrever que existe uma «*evidência histórica inequívoca*» de que «*o estado da astronomia ptolomaica era um escândalo antes da proclamação de Copérnico*» (Kuhn [1962], pp. 67-8). Gingerich [1973] mostrou que Kuhn evoca um escândalo onde este não existia. Evidentemente, um «*programa de investigação*» progressivo (no meu sentido) não necessita de ser precedido pela degenerescência do seu rival.)

(41) Westman [1972], p. 234. No seu [1972], Feyerabend adere a uma visão polanyita: ele pensa que os copernicanos alcançaram uma vitória da *Razão* com o auxílio da sua «*Lebendigkeit des Geistes*».

(42) Cf. Worrall [1976b].

(43) Para uma discussão interessante de «suplantação» versus «incomensurabilidade», cf. Feyerabend [1974].

(44) Para formulações mais cuidadosas o leitor tem de ser remetido para o meu [1968c], capítulo 1, capítulo 2 e capítulo 3. Também cf. o meu [1974d].

(45) A realização de Zahar assenta essencialmente na produção de uma noção melhorada de «peso da evidência», cf. neste capítulo, pp. 97-98.

(46) A demarcação entre «núcleo firme» e «heurística» é frequentemente uma questão de convenção como se pode ver dos argumentos propostos por Popper e Watkins relativos à intertraduzibilidade do que eles chamaram respectivamente «metafísica» e «heurística». (Cf. especialmente Watkins [1958].)

(47) Kuhn pretende que «não havia boas razões para Aristarco ser levado a sério» (Kuhn [1962], p. 76). Mas é claro que elas existiam — o programa geocêntrico tinha já degenerado heurísticamente.

(48) Tendo em conta o que conhecemos sobre as expansões de Fourier das funções periódicas, esta é uma conjectura matemática notável. Cf. e. g. Kamlah [1971].

(49) Ravetz [1966a]. Mas cf. o comentário de Gingerich no seu [1973], n. 19.

(50) Esta «incoerência», do ponto de vista de Ravetz, sugeriu a Copérnico que são antes as estrelas e não a Terra que determinam o quadro elementar de referência para a física. É evidente que do ponto de vista do nosso problema *presente*, não faz qualquer diferença o que realmente desencadeou a imaginação de Copérnico. Não estamos neste momento interessados nas causas psicológicas da realização de Copérnico, mas com a sua apreciação.

(51) Foi Kepler o responsável pela construção da heurística da «nova» astronomia, nomeadamente o princípio segundo o qual o movimento dos planetas deve ser explicado em termos de forças heliocêntricas.

(52) Esta possibilidade de substituição mútua já era conhecida dos astrónomos islâmicos como Ibn-ash-Shatir. Como o mostrou Neugebauer (cf. Neugebauer [1958] e [1968]), Copérnico utilizou alguns equantos mas, visto que estes equantos podem ser substituídos por epiciclos secundários, eles são irrelevantes. Copérnico considerava os movimentos circulares uniformes como os únicos movimentos toleráveis em astronomia; isto não o impediu de utilizar os equantos como instrumentos de cálculo.

(53) Do ponto de vista de Neugebauer, este êxito empírico pode ter levado Copérnico a acreditar que a eliminação do equanto, à parte a restauração da pureza primitiva da heurística platónica, poderia também melhorar o poder preditivo da nova teoria. Mas o sistema copernicano continuou dominado por anomalias mesmo na sua versão mais desenvolvida. Uma das anomalias mais importantes no programa copernicano era constituída pelos cometas cujo movi-

mento não podia ser explicado em termos de movimentos circulares. Este foi um dos argumentos mais importantes de Tycho contra Copérnico, e um dos que Galileu sentiu mais dificuldades em enfrentar.

(54) Neugebauer [1968], p. 103. Ele reivindica: «Os historiadores modernos, utilizando amplamente as vantagens da visão retrospectiva, realçam o significado revolucionário do sistema heliocêntrico e as simplificações que ele introduziu. Se não fossem Tycho Brahe e Kepler, o sistema copernicano teria contribuído para a perpetuação do sistema ptolomaico numa forma ligeiramente modificada, mas *mais agradável às mentalidades filosóficas*». *Que mentalidades filosóficas?* Admiramo-nos com o facto de um homem com a estatura de Neugebauer poder finalizar um ensaio num tom tão incorrecto. Mas, desgraçadamente, até mesmo os historiadores mais profissionais, que são *em princípio* contra a filosofia da ciência, acabam com *disparates filosoficamente motivados*.

(55) De acordo com Kuhn, as fases de Vénus para o sistema heliostático constituíam «não comprovação, mas... propaganda» [1957], p. 224. Evidentemente, não eram comprovação mas eram, à luz da maioria das apreciações empíricas, incluindo a da metodologia dos programas de investigação científica, um sinal *objectivo* de progresso. Kuhn parece concordar duas páginas mais à frente: «Embora o telescópio *argumentasse muito*, não comprovava nada» (*op. cit.*, p. 226).

(56) É nesse caso errado dizer que «o sistema copernicano do mundo tinha proporcionado pelo seu desenvolvimento o aparecimento da teoria da gravidade de Newton» (Popper [1963a], p. 98).

(57) Cf. Zahar [1973].

(58) Posteriormente, eu pretendia transformar velhas observações empíricas, como a fórmula de Balmer, em factos novos em relação com o programa de Bohr. Mas Zahar resolveu o problema de uma maneira excelente.

(59) Cf. Zahar [1973].

(60) Cf. a figura desenhada por Copérnico na p. 10 do seu *De Revolutionibus*.

(61) No primeiro capítulo do *De Revolutionibus*, Copérnico explica que esta suposição é parte do conhecimento preliminar aceite, comum tanto a Ptolomeu como a Copérnico.

(62) Zahar [1973], pp. 226-7.

(63) Neugebauer [1968].

(64) Kuhn [1957], p. 176.

(65) Neugebauer [1968]. Pode também utilizar-se a «doutrina da plenitude» aristotélica para chegar às distâncias; mas esta doutrina é de novo heurísticamente *ad hoc*, para além de ser simultaneamente falsa e, no seio do programa de Ptolomeu, infalsificável.

(66) Observe-se que esta afirmação não assevera se e porque motivo Kepler e Galileu se tornaram realmente «copernicanos».

(67) O conceito de Zahar de progresso heurístico pode, evidentemente, ser considerado como uma explicação *objectiva* (e «positivista») da «simplicidade»

sem incorrer nas inconsistências dos simplicistas ingênuos como as discutidas mais atrás, na secção 2.

(<sup>68</sup>) Este padrão não é único: no fim de contas, a velha teoria dos quanta de Bohr foi abandonada pouco depois de ter sido aceite e a nova teoria dos quanta de Broglie partiu não dos cálculos sofisticados de Sommerfeld e outros mas antes do seu primeiro e imperfeito modelo.

(<sup>69</sup>) Evidentemente, a nossa análise implica a existência de uma questão muito importante, mas puramente «externa», a resolver em termos sociopsicológicos: porque motivo ocorreu a revolução copernicana exactamente quando ocorreu e não num qualquer outro momento desde Ptolomeu? Mas a resposta, se na verdade é possível uma resposta, não afectará a *apreciação* que aqui intentámos. Este é um bom exemplo de como a história (metodológica) pode definir quais os problemas externos importantes, e por consequência do motivo porque ela tem uma importância essencial!

(<sup>70</sup>) Para uma definição de «reconstruções racionais» ver pp. 105-106.

(<sup>71</sup>) Kuhn não demarca a apreciação objectiva (normativa) da aceitação e rejeição (descritivas).

(<sup>72</sup>) Estas suposições revelarão que a cláusula *ceteris paribus* foi satisfeita. Por exemplo que o cientista não interpretou mal as teorias rivais; ou que os livros que continham T1 e T2 estavam materialmente disponíveis; que o núcleo firme do programa superior é consistente com a sua religião ou ideologia.

(<sup>73</sup>) Os expoentes não são inteiramente arbitrários. P3 é uma proposição sobre o «terceiro mundo» do conhecimento objectivo de Frege e Popper; P2.i são proposições sobre o segundo mundo das crenças, decisões e acções mentais. (Cf. e. g. Popper [1972].)

(<sup>74</sup>) Kuhn [1971], p. 143.

(<sup>75</sup>) Utilizei consideravelmente este estilo no meu *Proofs and Refutations*, mas aí a minha finalidade era destilar da história uma mensagem metodológica, de preferência a escrever história.

### 3

## O EFEITO DE NEWTON SOBRE OS PADRÕES CIENTÍFICOS \*

### 1 – A via principal justificacionista para o psicologismo e o misticismo

#### (a) *O justificacionismo e os seus dois pólos: o dogmatismo e o cepticismo*

As escolas da teoria do conhecimento estabelecem uma demarcação entre dois tipos enormemente diferentes de conhecimento: a *episteme*, isto é, conhecimento comprovado, e a *doxa*, isto é, mera opinião. As escolas mais influentes — as escolas «justificacionistas»<sup>(1)</sup> — classificam a *episteme* de modo extremamente elevado e a *doxa* extremamente baixa; de facto, de acordo com os seus critérios extremos, apenas o primeiro tipo merece o nome «conhecimento». Citando um importante justificacionista do século XVII: «Para mim, conhecer e ter a certeza são uma única coisa; estou certo do que conheço; e conheço aquilo de que estou certo. O que chega ao conhecimento, penso, pode

\* Esboços iniciais deste ensaio foram escritos em 1963-4. Lakatos regressou a ele várias vezes, mas continuava a considerá-lo necessitado de uma revisão substancial. É aqui publicado pela primeira vez. Modificámos ligeiramente em vários pontos o texto do original dactilografado final de Lakatos. Atribuímos títulos tanto ao conjunto do ensaio como à secção 2(a). Muitas citações estavam incompletas e as referências a elas omissas; foram completadas onde possível. (*Orgs.*)