

DIEGO AURINO DA SILVA

**ASPECTOS EPISTEMOLÓGICOS DA FÍSICA NEWTONIANA NA FORMAÇÃO
CIENTÍFICA**

**FLORIANÓPOLIS
2009**

DIEGO AURINO DA SILVA

**ASPECTOS EPISTEMOLÓGICOS DA FÍSICA NEWTONIANA NA FORMAÇÃO
CIENTÍFICA**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Educação Científica e Tecnológica pelo curso de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, área de concentração de História e Filosofia da Ciência, da Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Prof. Dr. Luiz O. Q. Peduzzi

**FLORIANÓPOLIS
2009**

DIEGO AURINO DA SILVA

ASPECTOS EPISTEMOLÓGICOS DA FÍSICA NEWTONIANA NA FORMAÇÃO
CIENTÍFICA

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do grau de Mestre em Educação Científica e Tecnológica, área de concentração de História e Filosofia da Ciência, no curso de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina e aprovada, em sua forma final, em ____ de _____ de 2009.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Luiz O. Q. Peduzzi (orientador)
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Jenner Barretto Bastos Filho
Universidade Federal de Alagoas

Prof. Dr. Jose Andre Peres Angotti
Universidade Federal de Santa Catarina

Aos meus pais, dedico este trabalho com honra e imensa gratidão.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Geni e Aurino, por serem a minha causa.

Ao Prof. Dr. Luiz Peduzzi, pela dedicada e exemplar orientação.

À Nação Brasileira, que, por meio do CNPq, financiou e possibilitou esta pesquisa.

À Universidade Federal de Santa Catarina, por ter me proporcionado uma educação de qualidade.

Aos membros do PPGECT, colegas, professores, coordenadores e secretárias pelo companheirismo e pela prestação.

E aos meus deuses, por serem meu objetivo, meio e fim, *in aeternum*.

Agradeço.

RESUMO

Nas últimas décadas, muitas pesquisas em ensino de ciências evidenciam a existência de uma série de concepções problemáticas sobre o conhecimento e o fazer científicos. Essas concepções, na maioria das vezes, são fruto do desconhecimento quanto às características sociais, históricas e, principalmente, epistemológicas das ciências. Na maior parte dos casos, quando se menciona a formação científica, esse é um episódio desenvolvido durante a sociogênese do conhecimento e adotado como necessário pelos novos cientistas e pelos futuros professores de ciências. Ante essa problemática enfrentada pela formação científica, o presente trabalho tem por objetivo geral propor um conjunto de conteúdos e de temas, relacionados direta e indiretamente com o período de desenvolvimento da física newtoniana, a respeito da epistemologia, a fim de proporcionar uma possível contraposição às concepções problemáticas sobre a ciência. Para alcançar a finalidade proposta, apresentam-se inicialmente as categorizações encontradas na literatura sobre as concepções problemáticas acerca da ciência e do conhecimento científico, bem como se procede panoramicamente com o intuito de examinar o conceito de formação científica. Na seqüência, é apresentado o período de desenvolvimento da física newtoniana como um instrumento epistemológico e histórico para a contraposição àquelas concepções. O objetivo da apresentação anterior é contextualizar o período de desenvolvimento da física de Newton com os conceitos epistemológicos ligados direta ou indiretamente a ele, com o propósito de averiguar como tais conteúdos e conceitos podem contribuir para a contraposição entre essa estruturação histórico-epistemológica e as concepções problemáticas.

Palavras-chave: Período newtoniano. Epistemologia das ciências. Concepções problemáticas.

ABSTRACT

In the ultimate decades, some researches in Science teaching identified the existence of a problematic conception series about the scientific knowledge and development. These conceptions, in most time, are the results of an unknowledge concerning the social and historical and, mainly, epistemological characteristics in Science. In most cases, when the scientific formation is mentioned, it is considered an episode developed along with the social genesis of knowledge and adopted as necessary by the new scientists and by the future science teachers. In this perspective concerning the problem of scientific formation, the present work aims at proposing a set of contents and themes related direct and indirectly with the period of Newton Physics development in order to proportionate a possible contraposition to the problematic conceptions about science. To reach the proposed intention, we present the categorizations found in the literature about the problematic conceptions in relation to Science and scientific knowledge, as well as the consideration concerning the concept of scientific formation. In addition, we present the period of Newton Physics development as an epistemological and a historical instrument to a contraposition to those conceptions. The objective of the presentation before is to contextualize the period of Newton Physics with the epistemological conceptions linked direct and indirectly to him in order to verify how these contents and concepts can contribute to the contraposition between this historical and epistemological structure and the problematic conceptions.

Key-words: Newton period; Science epistemology; Problematic conceptions.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA	9
1.2 DAS JUSTIFICATIVAS: AS POSSIBILIDADES E SEUS ENCAMINHAMENTOS	12
1.3 DOS OBJETIVOS E PROBLEMAS DE PESQUISA	19
1.4 O AUTOR, OS OBJETIVOS E OS PROBLEMAS ENCONTRADOS	20
1.5 DOS ASPECTOS EPISTEMOLÓGICOS	26
2 DA FORMAÇÃO CIENTÍFICA: UMA POSSÍVEL CATEGORIZAÇÃO	31
2.1 A FORMAÇÃO E A FILOSOFIA	31
2.2 A FORMAÇÃO E A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS	36
2.3 O ADJETIVO CIENTÍFICO E A FORMAÇÃO CIENTÍFICA	43
3 DAS OPINIÕES PROBLEMÁTICAS: O RESULTADO DA FORMAÇÃO CIENTÍFICA	56
3.1 INTRODUÇÃO ACERCA DO RESULTADO DA FORMAÇÃO CIENTÍFICA.....	56
3.2 AS CONCEPÇÕES	62
3.3 DAS CONCEPÇÕES A RESPEITO DO CONHECIMENTO E DO FAZER CIENTÍFICO .	69
3.3.1 Uma crítica à terminologia empregada por Gil-Pérez et al. (2001) e Fernández et al. (2002) para se referenciar aos modos de compreender o fazer e o conhecimento científico	73
3.4 SUGESTÃO DE UMA REDAÇÃO MAIS COESA PERANTE A LINGUAGEM FILOSÓFICA	77
3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
4 DA FÍSICA NEWTONIANA COMO EXEMPLO	81
4.1 INTRODUÇÃO AO CONTEXTO DE DESENVOLVIMENTO DA FÍSICA NEWTONIANA	81
4.2 O CONTEXTO – PARTE I	85
4.3 NEWTON COMO HERDEIRO DA NOVA FILOSOFIA NATURAL.....	93
4.4 CONTEXTO – PARTE II.....	100
4.4.1 O cartesianismo	100
4.4.2 Atomistas e corpuscularistas	103
4.4.3 As outras influências	104
4.5 ACERCA DOS MÉTODOS, DAS CAUSAS E DOS PRINCÍPIOS.....	107
4.5.1 O objetivo e o método da física aristotélica	111
4.5.2 Do método em Newton	118
4.6 O MÉTODO, O "ÓPTICA" E O "PRINCIPIA"	119
4.7 O MÉTODO, AS CRENÇAS PESSOAIS E A CAUSA DA GRAVITAÇÃO	135
4.7.1 O valor das hipóteses e o papel de Deus na doutrina newtoniana	140

5 DO CONTEXTO DA FÍSICA DE NEWTON COMO UM CONTRAPOSTO ÀS OPINIÕES PROBLEMÁTICAS	155
5.1 APRESENTAÇÃO.....	155
5.2 O DOGMATISMO KUHNIANO COMO OPOSIÇÃO.....	157
5.3 O PERÍODO DE DESENVOLVIMENTO DA FÍSICA NEWTONIANA COMO CONTRAPONTO ÀS CONCEPÇÕES E OPINIÕES PROBLEMÁTICAS A RESPEITO DO FAZER E DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO	163
5.3.1 As contraposições.....	165
5.4 BREVE DISCUSSÃO SOBRE AS POSSIBILIDADES E SUAS LIMITAÇÕES.....	178
REFERÊNCIAS.....	184

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

Outrora, a filosofia era um saber dedicado a uma apoucada nata. Somente doutos, filhos, perfilhados e compadres de iniciados pareciam ter as portas abertas no império do saber. Hoje, entretanto, pode-se encontrar livros, textos e ensaios históricos de filosofia (os quais incluem desde a miraculosa passagem do “tudo é um” até a da contemporânea “o nada nadaifica”) em qualquer banca de jornal, em programas de compartilhamento na internet, em bibliotecas públicas e virtuais etc.

Mesmo que não garanta um verdadeiro ou puro entendimento dos textos filosóficos, essa facilidade de acesso é irretorquível. Se a ambição dos ensaístas franceses do século XVIII fora meramente o aberto ingresso aos ventres do saber, a missão deles encontra-se cumprida. Contudo, é lícito advertir que a facilidade de acesso às torres e aos portões de um grande império é, na maioria das vezes, um dos claros sinais da incerteza e insegurança em seu território. Tenha-se em mente, por exemplo, o que a primeira obra moderna de história poderia ensinar sobre isso. Essa alegoria com a obra de Gibbon deve-se ao caso de a filosofia, bem como o Império Romano, possuir seus claros e vários sinais de promoção e de decesso. Para a filosofia, de maneira explícita, isso se aplica à formação científica.

É comum, de modo recente, o menosprezo dos atos e padrões sociais romanos. Isso não é muito diferente da compreensão vulgar e distorcida que muitos, nas áreas científicas e nos grilhões do senso comum, possuem de filosofia. Uma concepção que nasce da ausência de conhecimento – seja em relação ao nosso berço cultural ou à matriarca da sabedoria.

Na maior parte dos casos, quando se menciona a formação científica, esse é um episódio desenvolvido por meio de um preconceito gerado durante a sociogênese do conhecimento e adotado como necessário pelos novos cientistas. Assim, o adestramento científico, pela sua demasiada preocupação com a especialização, limita o horizonte da população exotérica¹, reduzindo-a, na maioria dos casos, ao

¹ É importante chamar a atenção para a existência do termo esotérico, nos estudos gregos, pelo menos nos últimos escritos, nos quais o maior destaque deve-se a Galeno, para distinguir os

cabresto da matematização e dos antros laboratoriais. É comum, por exemplo, dentre os recém-graduados, encontrar aqueles que nunca refletiram (e, possivelmente, jamais refletirão) sobre o *modus faciendi* da ciência.

Por tal aforismo, os que se intitulam gerais ou centuriões no império filosófico muito se queixam dos cientistas (e da educação robótica concedida aos futuros doutos da ciência) dizendo serem essas pessoas não possuidoras da mínima noção da sua ignorância. Fato justificante de uma iniciação a módulos de filosofia da ciência na formação e na educação científica.

Além dessas queixas, quiçá o que mais doa no âmago dos esotéricos da ciência seja ouvir que, por ignorarem a filosofia na sua formação e na sua história de pesquisadores, tornam-se doutores conceitualmente empobrecidos. Querem dizer com isso que, muitas vezes, os cientistas e os futuros cientistas não possuem uma noção crítica importante sobre os métodos e a gênese do conhecimento científico. Os cientistas contemporâneos seriam céticos, mas apenas aos moldes de Voltaire.

Em resposta a essas acusações, os próprios cientistas poderiam defender a ciência sem discussões filosóficas durante a formação científica, tendo em vista fortes argumentos de defesa que lhes caberia. Além do mais, perante as requisições mais radicais daqueles que optam pela inclusão de aspectos filosóficos na educação científica, poder-se-ia dizer também que a filosofia, bem como a sociologia do conhecimento, se mal-empregada, poderia levar a opiniões anticientíficas. São um adequado modelo dessas falas as atuais posturas relativistas do Pós-Modernismo, nas quais o conhecimento científico é, por vezes, encarado como um mero dogma de certas comunas; a ciência seria apenas mais um conhecimento, não havendo motivo para se aceitar o seu poder.

A filosofia, ademais, deve ser vista (pois assim o é) como um conhecimento assaz abstrato, o que seria de escassa sedução para grande parte dos estudantes das ciências (acostumada aos adestramentos acadêmicos). Preocupando-se com a especialização científica, sabe-se que a própria filosofia é um conhecimento especializado. Logo, reduzir, por sua vez, um conhecimento que é altamente especializado a apenas algumas aulas semanais de pouco adiantaria (fato auxiliar,

ensinamentos que deveriam ser passados unicamente aos discípulos e aos doutos de uma escola. De certa forma, esotérico denota ainda uma oposição ao termo exotérico, usado por Aristóteles para denominar suas obras voltadas ao público em geral. Além disso, foi utilizada por Ludwik Fleck (1986) na distinção entre círculos esotérico e exotérico; aquele seria formado pelos doutos, enquanto este representaria o saber popular, os iniciados em dadas academias e a opinião pública.

por assim dizer, para amparar ainda mais os alunos no repúdio dos conteúdos filosóficos ou na constituição de opiniões problemáticas sobre a filosofia).

Tratar de assuntos filosóficos exige, de certa maneira, um tratamento histórico e historiográfico da filosofia. Isto é: não se pode deixar os alunos (pelo menos os mais quixotescos) se acharem os detentores do saber filosófico por conhecerem pouco da argumentação de filósofos. Isso permitiria, por exemplo, que a ingenuidade filosófica leve os futuros esotéricos da ciência a acharem que suas idéias são extremamente originais, enquanto, na verdade, são ignorantes. Poucos são bons ignorantes, como Herbert Spencer, o qual durante a vida muito pouco deveu a leituras de outros filósofos.

Filósofos se fazem de muita leitura (leitura de textos comentados, mas acima de tudo de textos originais) e de conhecimento da argumentação de outros filósofos. É certo admitir que, com poucas aulas semanais, torna-se impossível ensinar legitimamente filosofia (caso, é claro, se esteja buscando respeitar a formação científica); formar-se-iam estudantes ou que se achem grandes filósofos por pouco conhecerem a filosofia ou que a odeiem por considerá-la uma mera divagação de idéias.

Diante dos estudos históricos da filosofia, deve-se fugir da tentação de reduzir os conteúdos filosóficos a dizer simplesmente quem foi Espinosa ou quem foi Kant; ou seja, é preciso furtar-se dos reducionismos. Dessa forma, é necessário evitar a redução dos conteúdos a uma lista mnemônica para o vestibular ou para uma vaga discussão descontextualizada. Produzir cientistas com conhecimentos mínimos de filosofia, omitindo qualquer consideração das justificativas de grandes filósofos sobre suas teorias, não é possível. Além disso, todos esses pontos negativos indicados fazem parte de problemas existentes também na educação em filosofia; apenas se trariam novos problemas para a problemática educação em ciências.

Outra crítica comum é a de que, apesar de poder se entrelaçar com facilidade com os conhecimentos e saberes de outras áreas – como matemática, física, biologia, história, artes etc. –, a filosofia é uma disciplina que, de certo modo, necessita de seu próprio conteúdo, estando carente de observar os princípios das disciplinas dos outros (algo que poderia desviar o futuro cientista do seu verdadeiro foco, o fazer ciência). O aluno se esqueceria de fazer ciência e passaria a estudar a ciência; seria um metacientista. Isso não é o que se quer; o que se deseja são

cientistas formados nos cursos de ciências, e não filósofos cientistas ou cientistas filósofos.

Pode-se perguntar, destarte, se a inserção de módulos de filosofia seria ou não a salvação para a formação científica; de modo enfático, diz-se que não. No entanto, usa-se como apoio uma célebre frase de Will Durant (1996, p. 27), a qual poderia resumir onde se pretende chegar: "a ciência nos dá o conhecimento, mas só a filosofia pode nos dar a sabedoria". É nessa ativa frase do autor da "História das civilizações" que se apoiará a justificativa. Deve-se ensinar filosofia não para ajudar o cientista no *modus faciendi* da ciência nem para retirá-lo do seu foco de atenção (a ciência), mas principalmente para ajudá-lo a "saber" o que é a ciência. Assim ele poderá ter a ínfima noção dos meios utilizados na gênese do conhecimento e do desenvolvimento histórico das ciências.

1.2 DAS JUSTIFICATIVAS: AS POSSIBILIDADES E SEUS ENCAMINHAMENTOS

Ao se discutir as possibilidades dos usos da epistemologia na formação científica, de certa maneira, encontra-se um atributo parasita nessa postura, que vem há muito tempo permeando as discussões acerca do ensino de ciências; a filosofia notadamente é despreziosa da aplicação genuína e direta de seus saberes. Assim esquece-se – não poucas vezes – de que o filósofo das ciências se ocupa de modo primordial em discutir sobre a ciência (seus métodos, sua gênese, seus efeitos morais, suas relações sociais); contudo, nele não existe a preocupação prática nas atribuições de suas reflexões.

Essa observação deve sempre ser levada em conta, bem como se aproxima, em muito, do que Warnock (1994) comenta acerca do crescimento de departamentos especializados, como de filosofia da religião, de ética médica etc. A respeito do avanço de tais departamentos, cada vez mais especializados em utilizar a filosofia como um arrimo para seus embasamentos, ela argumenta: "[...] tais tópicos, suficientemente interessantes e respeitáveis em si mesmos, são essencialmente parasitas na totalidade da filosofia e não podem florescer na ausência de seu hospedeiro" (WARNOCK, 1994, p. 10).

Quanto se fala nos problemas epistemológicos, todavia, nota-se sua íntima relação com os problemas da ciência. De tal modo, conhecer um pouco mais os problemas epistemológicos é conhecer um pouco mais a ciência e seu desenvolvimento histórico; conhecer o que as mais variadas correntes epistemológicas estudavam e estudam sobre a ciência é, acima de tudo, compreender um pouco mais acerca das características do conhecimento das ciências, assim como do fazer científico. Como argumentam Gil-Pérez et al. (2001, p. 139), ter em vista uma melhor abrangência do trabalho e do desenvolvimento científico tem, em si, uma irrefragável importância; em especial, para os que "são responsáveis pela educação científica e tecnológica de futuros cidadãos de um mundo marcado pela ciência e tecnologia".

Em todo caso, trazer à tona problemas epistemológicos relevantes à formação acadêmica, seja de futuros professores de ciências, seja de futuros cientistas, pode contribuir de maneira satisfatória para a formação científica desses profissionais. É nesse sentido que inúmeros trabalhos vêm demonstrando a ineficiência da atual formação científica para lidar com concepções ingênuas em relação ao fazer e ao conhecimento das ciências.

Essa conjuntura levou Gil-Pérez et al. (2001, p. 126) a argumentarem sobre a "necessidade de se estabelecer o que deve entender-se por uma visão aceitável do trabalho científico". Eles destacam igualmente que os educadores das ciências (os quais detêm uma formação científica nas mais variadas áreas, como biologia, física, química e geologia) e esotéricos das ciências deveriam "ter adquirido – e, portanto, estariam em situação de transmitir – uma imagem adequada do que é a construção do conhecimento científico" (GIL-PÉREZ et al., 2001, p. 216). Não obstante, apresentam numerosos estudos (entre os quais, destacam-se: CLEMINSON, 1990; KLOULADIS; OGBORN, 1995; POMEROY, 1993; STINNER, 1992; THOMAZ, 1996) que evidenciam a transmissão de maneiras "deformadas" de considerar o fazer e o conhecimento das ciências dentro da população esotérica de professores e de doutos nas áreas científicas.

Ante a notória categorização dessas "imagens e/ou visões deformadas" a respeito do fazer (*modus faciendi et modus operandi*) e do conhecimento científicos, estas como expostas por Gil-Pérez et al. (2001), o presente trabalho pretende servir como um apoio contra essas concepções problemáticas a respeito da ciência na formação científica. Nesse contexto, com o uso de episódios do desenvolvimento da física newtoniana, propõe-se um conjunto de temas, relacionados direta ou

indiretamente a esse período, no tocante à epistemologia, para proporcionar um possível contraponto com as concepções problemáticas sobre o conhecimento e o fazer das ciências.

Com o objetivo de nortear essa finalidade, procura-se, ao longo deste trabalho, responder à seguinte questão: De que forma, na formação científica, episódios de desenvolvimento da física de Newton podem servir como contraposição àquelas concepções categorizadas por Gil-Pérez et al. (2001) do fazer e do conhecimento científico?

Desse modo, alguns passos são seguidos com o intuito de responder ao questionamento anterior. Primeiramente, discute-se o conceito de formação científica, sendo esse o objeto da seção "Da formação científica: uma possível categorização", cujo título não deve sugerir a confusão costumeira feita entre os termos formação, ensino e aprendizagem – eles têm sido utilizados muitíssimas vezes como sinônimos, o que torna necessária a reflexão sobre o significado de formação. Assim é realizada uma análise de como o vocábulo formação aparece, de maneira geral e histórica, em filosofia e em pedagogia². Nesse percurso, encontram-se termos como cultura, *Paidéia* e *Bildung*, sendo os artigos e textos de Vilanou (2001), Severino (2006) e Suarez (2005) utilizados como contribuições basais.

Posteriormente às explorações históricas na filosofia e pedagogia, volta-se a atenção sobre o objetivo dessa segunda seção: chegar à compreensão do termo formação científica; saber o que se pode entender por essa expressão e, de certa forma, analisá-la aos olhos dos termos antes discutidos. Para esse fim, comenta-se e verifica-se o que várias pesquisas compreendem por formação de professores de ciências; haja vista ser essa formação indispensável e essencial para outra formação, a científica, até mesmo a de futuros cientistas. Juntamente com artigos da área de formação de professores de ciências publicados em periódicos especializados, a principal referência para essa análise é o livro "Formação de professores de ciências: tendências e inovações" de Carvalho e Gil-Pérez (1993),

Depois da compreensão exposta com relação aos entendimentos sobre o termo formação, seja em filosofia ou em pedagogia, seja na formação de professores de ciências, procede-se panoramicamente acerca do termo científico.

² Pode-se entender historicamente a pedagogia com dois intuitos distintos: um relevante à natureza prática dos desenvolvimentos de uma criança e outro concernente à natureza filosófica com preocupações em torno dos objetivos éticos ou políticos.

Dessa forma, com o subsídio oferecido pela história da filosofia, a fim de constatar as possibilidades históricas do termo, examina-se, de modo lato, os caminhos percorridos pelo substantivo ciência, desde Aristóteles até a postura positivista; haja vista ser os usos do adjetivo científico dependente do que se compreenda por ciência. De tal modo, ao final dessa seção, propõe-se uma possível categorização sobre o termo formação científica, o qual será utilizado na seção seguinte, "Das opiniões problemáticas: o resultado da formação científica".

O resultado da formação científica, no que diz respeito à concepção do fazer e do conhecimento das ciências, é objeto de estudo da terceira seção. Nela é apresentado um panorama geral dos resultados evidenciado em uma coletânea de artigos, em sua maioria, retirados da revista "Enseñanza de las Ciencias". A fundamentação dessa seção também leva em conta artigos publicados em outros periódicos, como o "Caderno Brasileiro de Física", a "Revista Brasileira de Ensino de Física", a revista "Investigação em Ensino de Ciências" e a revista "Ciência & Educação".

Nota-se que a contemplação desses estudos leva ao entendimento de um resultado há muito observado na formação científica: uma constituição de concepções fortemente dogmáticas e acríticas em relação às características do conhecimento das ciências e do fazer científico. Naturalmente, esse episódio parece estranho, uma vez que o dogmatismo foi durante muitos anos um braço significativo da filosofia, da religião e de muitos outros saberes, os quais os cétricos atacavam com todo o seu tino desprezioso; parece ser, todavia, improvável a credulidade de que a educação possa ter braços no dogmatismo, porque se espera minimamente que esta (principalmente a educação científica em nível superior) privilegie a reflexão crítica dos mais variados saberes e o ensino tipo investigativo.

A formação científica, como a segunda seção evidencia, tende a tornar absolutos os conteúdos propagados pelos manuais e pelos próprios professores de ciências – suas idiosincrasias, suas opiniões etc. Acontecimento que advém de esses conteúdos (e opiniões) não serem expostos a discussões críticas, bem como de não serem as informações propagadas revistas ou mesmo refutadas durante o processo de ensino e aprendizagem (ou mesmo no decorrer de toda a formação). Dessa forma, não há de haver outra maneira de chamar essa prática senão de educação dogmática e acrítica; evidencia-se assim o ensino acrítico e dogmático como conseqüência da formação científica, e não como síntese desta.

Em consequência desse resultado, tido como comum no ensino de ciências, Gil-Pérez et al. (2001) enumeram uma série de categorias as quais procuram evidenciar e separar as concepções problemáticas sobre a ciência, principalmente no que concerne ao fazer e ao desenvolvimento do conhecimento científico. Embora os objetivos do reconhecido artigo de Gil-Pérez et al. (2001, p. 126) não seja analisar as razões da incoerência daqueles resultados denunciados pelas pesquisas do ensino de ciências, suas categorizações, chamadas de imagens ou visões deformadas do trabalho científico, vêm sendo, de maneira notada, um exemplo e uma referência necessária para essa área de investigação.

Tendo isso em conta, percorrem-se as categorizações da equipe espanhola analiticamente, a fim de explaná-las e exemplificá-las na referida seção. Portanto, dão-se os devidos destaques e esclarecimento a respeito das imagens e/ou visões deformadas do trabalho científico, sendo estas: a imagem/concepção empírico-indutivista e ateórica, a visão rígida (exata, infalível, algorítmica, entre outras), a visão aproblemática e aistórica; a visão exclusivamente analítica, a visão acumulativa de crescimento linear e, por último, a imagem de que a ciência é uma atividade do conhecimento humano elitista e individualista (GIL-PÉREZ et al., 2001).

A despeito da nítida contribuição, essas categorizações podem se confrontar com a linguagem filosófica; pensa-se, como exemplo, no termo visão, o qual, no sentido estritamente filosófico, é sinônimo de intuição, isto é: o ato de intuir, direta ou indiretamente de qualquer objeto do pensamento (ou objeto do mundo cognoscível) apreendido em cada realidade particular. Portanto, o termo visão, como utilizado na categorização – possuindo o sentido comum do vocábulo, ou seja, ponto de vista ou aspecto –, é homônimo do termo filosófico visão. Como o problema da homônima é algo relativamente perigoso, conseguindo levar a interpretações, muitas vezes, contrárias do que se pretende dizer, sendo um caso demasiado conhecido desde os antigos gregos, sugere-se uma nova redação àquelas categorizações apresentadas por Gil-Pérez et al. (2001).

Dessa forma, nessa mesma seção é apresentada e justificada, com o auxílio da história da filosofia, uma nova possível categorização: opiniões problemáticas do fazer e do conhecimento científico. Abertamente, a nova categorização deve-se ao fato de a feição deste trabalho ter fortes raízes na epistemologia e, de maneira inevitável, na história da filosofia, o que gera uma preocupação construtiva com as possibilidades abonadas pela linguagem filosófica.

Ao fim dessa análise de vocábulos, começa-se a estudar sobre o contexto de desenvolvimento da física de Newton, cuja reflexão é objeto da quarta seção, "Da física de Newton como exemplo". Entende-se o contexto de desenvolvimento da física newtoniana como um dos episódios mais importantes da ciência moderna, senão o mais importante. Nas palavras de Cohen e Westfall (2002, p. 11):

[...] cientistas, filósofos e historiadores concordam em que as realizações científicas de Newton representam o auge da Revolução Científica iniciada no fim do século XVI – a sucessão de rápidas mudanças, no conhecimento da natureza e na maneira de estudar os fenômenos naturais, que produziu nossa ciência moderna.

A própria ciência promovida por Newton foi o grande exemplo de rigor científico por quase trezentos anos, servindo de inspiração para o pensamento iluminista e para as futuras pretensões da ciência.

Hoje se percebem novas florescências nas ciências contemporâneas: a teoria quântica, a biologia molecular, a física de partículas, a física de buracos negros etc.; elas se tornam, cada vez mais, um novo e complexo exemplo de ciência. Apesar de muitíssimo empolgante, tudo isso ainda está na sua primeira infância (se comparado com a longevidade alcançada pela física clássica), tendo seus princípios estabelecidos na primeira metade do último século. Por essa razão, bem como pela clara possibilidade de discussão quanto a suas descobertas, o período de desenvolvimento e de contexto da física de Newton é o exemplo aqui empregado de ciência para a contrapartida àquelas concepções problemáticas da ciência.

Naturalmente, o exemplo de ciência mais duradouro, quando se fala em um sistema tão rigoroso quanto à física clássica³, são as ciências aristotélicas. Compreender, aos olhos de hoje, a teologia como um corpo de conhecimentos caracterizados por sua cientificidade é inviável e difícil de ser tido como exemplo de ciência; a teologia era uma das ciências teóricas aristotélicas, como a física e a matemática. A teologia⁴ era a ciência por excelência para Aristóteles, na que se estuda o ser primeiro (ARISTÓTELES, 1970, Livro VI, I); por conseqüência, uma

³ A física clássica é comumente entendida como o conjunto de teorias físicas desenvolvidas desde as descobertas da ciência moderna até o advento de desenvolvimento da física quântica e da teoria da relatividade.

⁴ "Há três ciências teóricas: a ciência matemática, a física e a teologia. Com efeito, se o divino existe em alguma parte, é na natureza imóvel e independente de onde é preciso reconhecê-lo. De outro lado, a ciência de excelência deve ter por objeto o ser por excelência. As ciências teóricas estão acima das demais, e a teologia acima das ciências teóricas". (tradução nossa)

ciência de caráter puramente ontológico. Em outras palavras, o conhecimento científico para Aristóteles é aquele capaz de explicar os porquês do mundo, pelo fato de conhecer os elementos, os princípios e as causas (ARISTÓTELES, 1995, I, 1).

No início da quarta seção, faz-se uma breve apresentação do contexto histórico da nascente ciência moderna, assim como do conjunto de principais acontecimentos desse período; isso porque se entende necessária uma maior contextualização para a total compreensão dos acontecimentos científicos desse rico período para a ciência: a ciência não é socialmente neutra.

Após essa breve apresentação histórica, procede-se panoramicamente, a fim de analisar uma coletânea de artigos contidos no livro "Newton: textos, antecedentes, comentários", organizado por Cohen e Westfall (2002). A intenção dessa análise é expor, dentro o contexto de desenvolvimento da física newtoniana, fatos que possibilitem o uso desse período como um instrumento histórico e, em especial, epistemológico, para o confronto com as opiniões problemáticas do fazer e do conhecimento científico, utilizando certas concepções antagônicas desse período da história da ciência.

Entre os principais artigos e textos, dos contidos em Cohen e Westfall (2002), escolhidos para a análise, destacam-se: "O significado da síntese newtoniana"; "Newton e a teoria da matéria"; "A matéria em uma casca de noz: a óptica de Newton e a química do século XVIII"; "Newton e as 'Flautas de Pã'"; "De uma exposição das descobertas filosóficas de Sir Isaac Newton"; "O método de Newton e o estilo de Newton"; "De a ciência e o mundo moderno"; "Newton e o cosmo cíclico: a Divina Providência e a filosofia mecânica"; "De 'Newton, o homem'"; "De 'a alquimia de Newton e sua teoria da matéria'"; "Newton e o cristianismo"; "De o analista"; "Newton, o matemático". Outros textos escritos pelos organizadores também serão empregados no trabalho, bem como certas passagens e comentários dos livros "Imagens de natureza, imagens de ciência" de Abrantes (1998) e "Newtonian Studies" de Alexandre Koyré (1965) e de outros textos relevantes sobre o assunto.

Na última seção, "Do contexto da física de Newton como um contraposto às opiniões problemáticas", a princípio, é realizada a separação dos conteúdos a respeito do contexto de desenvolvimento da física newtoniana exposta na seção anterior. O intuito dessa separação é organizar sistematicamente os conteúdos em partes concernentes ao tema central da dissertação, com o propósito de, na próxima

subseção, serem identificados questões e conceitos epistemológicos básicos que estejam entrelaçados com a compreensão do contexto de desenvolvimento da física de Newton.

Procede-se dessa maneira porque, para a compreensão verdadeira desse período da ciência, como em tantos outros, se não em todos, é indispensavelmente próxima de uma carga de conceitos epistemológicos e, em certas medidas, ontológicos. A apresentação desses conceitos e questões é um dos objetivos centrais deste trabalho.

Pensa-se, por exemplo, quanto se fala no método experimental que permeou toda a literatura da "nova ciência" descoberta por Newton; a compreensão desse período não é possível sem o entendimento de um conjunto de conceitos de natureza epistemológica, como observação, intuição, experimentação, indução etc. Por sua vez, ao se discutir esses conceitos, correntes filosóficas básicas vêm à tona, sendo o caso do empirismo e o ceticismo, entre outras.

Com essa carga conceitual exposta e anexada ao conjunto de conteúdos apresentados sobre o contexto de desenvolvimento da física newtoniana, verificam-se os seus possíveis laços com uma melhor concepção sobre o fazer e o conhecimento das ciências. Igualmente, contrapõe-se essa compilação de conceitos epistemológicos e passagens históricas àquelas opiniões problemáticas, com o intuito de evidenciar uma possível reflexão sobre as características do fazer e do conhecimento científico, quando se fala em formação científica.

Por fim, na derradeira subseção, "Das considerações finais", fala-se do possível resultado que se espera com esse conjunto de temas, conceitos e passagens expostas na formação científica. Reflete-se também sobre as possibilidades alcançadas com este trabalho, bem como sobre a criação de uma possível disciplina que possa abordar o tema exposto.

1.3 DOS OBJETIVOS E PROBLEMAS DE PESQUISA

O procedimento anteriormente apresentado para cada seção é motivado por uma série de objetivos; dessa forma, a fim de exemplificar os porquês de todo o caminho percorrido neste trabalho, expõe-se o núcleo de toda a preocupação:

- a) Problema de pesquisa: De que forma os aspectos de desenvolvimento da física de Newton podem servir como um instrumento histórico e epistemológico para o contraponto às opiniões problemáticas sobre o conhecimento científico?;
- b) Objetivo geral: Com o uso de episódios do desenvolvimento da física de Newton, propor um conjunto de conteúdos e de temas, relacionados direta e indiretamente com esse período, a respeito da epistemologia, para proporcionar uma possível contraposição às concepções problemáticas de ciência, na formação científica;
- c) Objetivos específicos:
- Apresentar a categorização realizada por Gil-Pérez et al. (2001) a respeito das visões e imagens deformadas do trabalho e do conhecimento científico que estão vinculadas a um ensino dogmático e acrítico na formação científica;
 - Adequar a categorização de Gil-Pérez et al. (2001) à característica epistemológica deste trabalho;
 - Examinar panoramicamente o conceito de formação científica;
 - Apresentar o período de desenvolvimento da física newtoniana como um instrumento epistemológico e histórico para a contraposição àquelas opiniões problemáticas acerca do fazer e do conhecimento científico;
 - Contextualizar o período de desenvolvimento da física de Newton com os conceitos epistemológicos ligados direta ou indiretamente com ele, a fim de averiguar como tais conteúdos e conceitos podem contribuir para a contraposição entre essa estruturação histórico-epistemológica e as opiniões problemáticas;
 - Indicar possíveis conteúdos para uma disciplina que aborde tais aspectos epistemológicos da física.

1.4 O AUTOR, OS OBJETIVOS E OS PROBLEMAS ENCONTRADOS

Objetivos não nascem apenas de perguntas ou dúvidas, mas igualmente da necessidade. Apesar de que muitas perguntas sejam fruto da necessidade, não são

todas as perguntas necessárias, principalmente quando se referem ao conhecimento. Neste trabalho, as coisas não são diferentes. O autor encontrou, de início, mais necessidades do que perguntas, mesmo que estas se sobressaíam ao final do trabalho pela limitação de tempo que uma dissertação de mestrado possui.

A reflexão e os porquês em torno das necessidades justificam-se pelo conhecimento do percurso acadêmico do autor. O início de sua vida acadêmica tem como ponto de partida o curso de Bacharelado em Física na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Durante esses primeiros passos, encontra-se um ponto antagônico para alguns: o despertar de seus interesses pela literatura e o crescente interesse pela física clássica. Naturalmente a antagônica deve-se muito mais ao duro caminho que é uma graduação em Física do que propriamente pela dualidade de interesses.

Nessa mesma época, o autor começou sua iniciação científica em astrofísica estelar, bem como teve seus primeiros contatos aprofundados com uma nobre parte da literatura, a filosofia. Quiçá motivado pela grande vontade de percorrer com mais autonomia as leituras, sobretudo no que se refere ao tempo, decidiu transferir sua habilitação para Licenciatura em Física, na qual conheceu, de modo mais direto, os problemas da educação em ciências.

Os interesses pela filosofia não pararam, e o caminho encontrado foi cursar quatro disciplinas proporcionadas pela graduação em Filosofia da mesma universidade, algumas das quais oferecidas como optativas pelo currículo do curso de Física. Tais disciplinas, relacionadas à epistemologia moderna, à filosofia da ciência e à filosofia da educação, foram, em certo aspecto, o ponto inicial deste trabalho de mestrado; sem dúvida para que houvesse uma maior autoridade ao se falar dos assuntos propostos, bem como para se compreender um pouco mais os problemas filosóficos da educação.

Contudo, os aprendizados nessas disciplinas não serviram somente para conhecer de maneira mais aprofundada a epistemologia moderna e contemporânea; mas, contribuíram expressivamente – junto com os problemas educacionais das ciências, que estavam começando a fazer parte da vida acadêmica do autor – para a compreensão das limitações epistemológicas durante a formação científica.

A Licenciatura em Física da UFSC é reconhecida nacionalmente por sua formação diferenciada de professores de ciências e, por que não dizer, de futuros pesquisadores do ensino de ciências. Algumas disciplinas tentam inclusive uma

aproximação razoável com a filosofia da ciência, assim como de alguns conceitos epistemológicos; outras proporcionam um forte arsenal didático para os futuros professores.

Dentre essas disciplinas, cabe um destaque especial para a disciplina "Evolução dos conceitos da física", a qual é ministrada geralmente na sétima e oitava fase do curso. Essa disciplina se propõe a uma análise histórica dos desenvolvimentos conceituais das teorias físicas, percorrendo panoramicamente desde o nascedouro da ciência (e filosofia) antiga até os contemporâneos desenvolvimentos da física moderna. Certas aproximações com a epistemologia das ciências são realizadas; a limitação de tempo, contudo, não permite um maior aprofundamento.

De certa forma, percebeu-se a necessidade de uma maior reflexão epistemológica sobre o caráter das ciências na graduação em Física, seja de bacharéis, seja de licenciados. Ante essa perspectiva, as perguntas começaram a ser formuladas. Foi desenvolvido nesse período o anteprojeto para uma possível vaga no curso de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, da UFSC – onde uma pesquisa ou mesmo reflexão sobre as possibilidades de inserção de conteúdos da epistemologia na graduação em Física seria mais viável.

A idéia inicial girava em torno de como formular uma disciplina sobre aspectos epistemológicos da física na formação de futuros professores e pesquisadores. Com essa finalidade que o projeto foi aceito, e o autor ingressou no curso de mestrado. Naturalmente todo anteprojeto é apenas uma idéia inicial sobre as possibilidades de pesquisa, e seu amadurecimento é fruto do tempo, de reflexões e de novas necessidades.

Logo ao se iniciar o curso de mestrado, uma das disciplinas, "Ensino de ciências e contribuições da epistemologia", é responsável por discussões basicamente concernentes à filosofia das ciências do século XX, principalmente no que se refere aos pós-positivistas. Essa disciplina também procura analisar, de modo relativo, as relações desse período histórico da filosofia com as suas possíveis contribuições ao ensino de ciências. Tema sem dúvida muito próximo do que este trabalho se propõe, bem como ao que o anteprojeto fazia referências.

Apesar de muito interessante, para a maioria dos alunos essas discussões sobre a epistemologia das ciências eram novidades. Para outros acadêmicos, como

os vindos da graduação em Física, na qual há certas tentativas introdutórias (porém muito vagas) sobre a epistemologia, a discussão também era razoavelmente nova. Poucos eram os alunos que tiveram uma pequena introdução anterior (ou mesmo leituras anteriores) sobre epistemologia.

Essa questão também serviu de ponto de partida para outra reflexão: seria possível falar das reflexões epistemológicas do último século sem que houvesse uma mínima introdução, por exemplo, sobre a epistemologia moderna? A resposta sem dúvida é negativa. Pensa-se no racionalismo crítico; pois seria possível abordá-lo sem que o mínimo fosse dito ou lido anteriormente sobre a corrente descritivista do conhecimento científico nascente em Bacon? Parece clara outra negativa.

Dessa forma, dever-se-ia procurar conteúdos e conceitos mínimos de epistemologia e, por consequência, o contexto da corrente na qual são usados. Tal posição é válida; porque, ao se assumir um fato verdadeiro na graduação em Física (pelo menos na UFSC) que é a disciplina de "Evolução dos conceitos da física", cuja reflexão história é existente, ainda resta ao acadêmico muitas perguntas de origem epistemológicas e, certas vezes, ontológicas. Isto é: ao se falar de certos aspectos do desenvolvimento da física newtoniana, como o método experimental "desenvolvido" por Newton, vários conceitos de origem epistemológica precisam ser respondidos. Eis um exemplo claro do que está sendo dito: quanto ao sentido assumido em epistemologia e em ontologia, qual a diferença entre observação e experimentação? Naturalmente, outros tantos conceitos e termos apareceriam para responder a essa pergunta; o segredo, porém, encontra-se na necessidade de respondê-la.

Em consequência da última consideração, vê-se o uso de um período da história da ciência como exemplo. Falar dos problemas epistemológicos clássicos ou contemporâneos por si, sem contextualizá-los com a ciência, não teria a utilidade que se espera na formação científica. O esperado é o combate àquelas concepções problemáticas da ciência, as quais são, em suma, fruto do pouco conhecimento a respeito da característica histórica e epistemológica do desenvolvimento das ciências, como analisado na segunda seção.

Assim outra necessidade salta à vista: para melhor aproveitamento, a apresentação de conceitos epistemológicos, bem como de suas correntes, deveria ser feita sob a tutela da história da ciência; a redução de conceitos e correntes epistemológicas a mera descrição de seus feitos e proposições pouco significado teria aos futuros professores e pesquisadores das ciências. Acima de tudo, entende-se

que a história da ciência carece de uma contextualização epistemológica, principalmente no que concerne ao desenvolvimento e à gênese dos conceitos e temas das ciências.

Durante esses primeiros passos da dissertação, outros fatos ajudaram a contextualizar as novas e nascentes necessidades, como duas disciplinas do mestrado e doutorado em Filosofia na UFSC que foram cursadas pelo autor. A disciplina de "Teoria do conhecimento", cujo estudo concentrou-se na "Crítica da Razão Pura", teve um papel importante nas descobertas das necessidades.

Estudar Kant é uma demonstração constante de que é inviável falar de certos conceitos sem compreender seu contexto e sua origem. É verdadeiramente impossível compreender a "Crítica" sem conhecer (com algum grau de profundidade) as principais correntes epistemológicas (e filosóficas) da Era Moderna; leituras como as "Meditações metafísicas" de Descartes são indispensáveis. Estudar filosofia remete sempre a um "voltar para trás" de qualquer escola filosófica; é quase sempre indispensável conhecer as correntes e os conceitos anteriores. É aqui que se compreende a necessidade de buscar os sentidos e os contextos anteriores, ou seja, não se começa a estudar epistemologia pelos filósofos do século XX.

Outra leitura indispensável, realizada pelo autor, foi o "Novum Organum" de Francis Bacon (1561-1626); é nesse livro de aforismos que estão firmadas as bases de todo o caráter descritivista da ciência moderna. Muitos conceitos e termos vitais para a compreensão das histórias da ciência moderna, bem como das críticas realizadas pelos pós-positivistas, são encontrados nele. Assim compreender certo conjunto de conteúdos e temas específicos da epistemologia (e, às vezes, da ontologia) torna-se indispensável para o entendimento do caráter histórico do conhecimento científico e, por essa razão, da gênese do conhecimento das ciências.

A disciplina de "Metafísica", também oferecida pelo mestrado e doutorado em Filosofia, foi um ponto importante na caminhada para a realização do mestrado. Nela foram estudados textos clássicos de Aristóteles, como "As categorias", "Metafísica", "Os segundos analíticos" e o "Física", que, sem dúvida, permitiram uma melhor concepção acerca do desenvolvimento da ciência moderna.

É nessa conjuntura, se não por esses motivos e necessidades, que o problema e os objetivos de pesquisa foram definidos. Principalmente ganha notoriedade a noção de que, para a formação do futuro professor e pesquisador das ciências, não é necessário um aprofundamento gigantesco em epistemologia para se obter uma contribuição significativa. Há, todavia, a importância da compreensão

de um conjunto de conteúdos e temas, assim como do seu contexto e das correntes às quais pertencem, expostos de forma coerente, para que se possa de maneira verdadeira compreender a gênese do conhecimento científico.

Como no mundo do devir nem tudo são idéias, limitações e dificuldades existem para se concluir um trabalho. A principal limitação talvez seja a falta de acessibilidade a artigos internacionais. Mesmo detendo um dos maiores sistemas de bibliotecas do país, infelizmente a UFSC não possui grande parte dos principais periódicos internacionais da educação em ciências. Esse pode ser um problema relativamente pequeno, pois muitos artigos nacionais e internacionais disponibilizam seus conteúdos de graça na internet; entretanto, os principais periódicos e os mais tradicionais continuam se mantendo pelas assinaturas. Quando se fala de pesquisas sobre os problemas epistemológicos e concepções epistemológicas na educação em ciências, tais periódicos abarcam a maioria dos artigos primordiais. De certo modo, esse fato não interferiu de forma significativa no trabalho, mas o acesso a esses periódicos poderia ter contribuído de modo significativo no seu desenvolvimento e aprimoramento. Lamentavelmente o investimento na cultura, na educação e, por conseqüência, nas bibliotecas não é uma prioridade no Brasil.

Uma iniciativa da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) tem oferecido acesso a textos completos de artigos de mais de 12.365 revistas internacionais, nacionais e estrangeiras, em todas as áreas do conhecimento. Para o pesquisador brasileiro, a importância do Portal de Periódicos da Capes, em geral, tem sido muito grande. Por certo, ele ainda não contempla o acesso a bastantes periódicos de interesse para o ensino de ciências. Espera-se que, em breve, a constante inclusão de periódicos venha a atingir o interesse das áreas menos privilegiadas, como o ensino de ciência e a epistemologia. Iniciativas como essa ajudam, em muito, o desenvolvimento dos programas de pós-graduação, contudo ainda se está longe de um grande avanço.

Fala-se do tempo agora. O mestrado possui um limite temporal desejável de dois anos, porém a escrita da dissertação, em geral, inicia-se no segundo trimestre do segundo e último ano, devido à carga de disciplina e deveres acadêmicos existentes. Assim, aquelas necessidades, se pretendem ser satisfeitas ou postas em prática, devem ser realizadas em pouquíssimo tempo. Em conjunto com seu orientador, cabe ao aluno escolher de que forma colaborará com o ensino de ciências ante as limitações, quer de tempo, quer de estrutura.

Neste trabalho, pretende-se prestar uma contribuição inicial sobre os conteúdos e temas acerca da epistemologia das ciências que podem ser relevantes para cooperar com uma "idéia" mais clara e coerente sobre o desenvolvimento e a gênese do conhecimento científico (contextualizado pela história da ciência) na formação científica. Sabe-se também das restrições desse intuito, haja vista que nem todos os caminhos iniciados aqui terão uma resposta; contudo, são estabelecidos alguns passos iniciais para aquelas contribuições necessárias. O todo provavelmente será alvo de uma pesquisa mais aprofundada em nível de doutorado. Como nada vem do nada, eis o princípio de um todo.

1.5 DOS ASPECTOS EPISTEMOLÓGICOS

O título deste trabalho se refere a certos aspectos epistemológicos. Que se entende por aspectos e por epistemológico? Com facilidade responde-se ao primeiro ponto, pois, por aspectos, entende-se um conjunto parcial de características; no caso, o conjunto de temas e conteúdos de origem epistemológica referentes à compreensão histórica do desenvolvimento da física newtoniana. Liga-se a tal ponto o objetivo geral desta pesquisa: um conjunto de conteúdos e de temas, relacionados direta e indiretamente com esse período da história da ciência, a respeito da epistemologia.

A mesma facilidade, porém, não é encontrada para se definir o que se compreende pelo adjetivo epistemológico. Então parte-se do início; epistemológico vem de epistemologia. Por sua vez, o vocábulo epistemologia deriva etimologicamente do grego *episteme* – ciência, saber, conhecimento – e de *logie* > *logos* – palavra, estudo, tratado, apresentação de. Isto é: tratado do conhecimento, apresentação da ciência, estudo da ciência etc. Quando se fala em ciência, nesses termos, não significa abertamente que se está referenciando as ciências (como física, química, biologia, geologia, astronomia), mas sim o sinônimo direto de conhecimento (no qual, assumindo o sentido grego da palavra, a verdade, de certa maneira, é garantida ou aproximada).

Nesse primeiro sentido, pode-se entender que teoria do conhecimento é sinonímia de epistemologia. Contudo, não está inteiramente certa essa distinção se

não feita com cautela e com algumas argumentações básicas, haja vista a epistemologia ser também utilizada, provocando ainda mais confusão, como sinônimo de filosofia da ciência (e/ou teoria da ciência).

Vê-se assim que a simples análise etimológica em nada ajuda; pelo contrário, pode levar a confusões comuns quando se fala desses termos. É verídica sim, todavia, a argumentação de que se pode dizer os três termos (epistemologia, teoria do conhecimento e filosofia da ciência) como hoje intimamente ligados (e sinônimos entre si), além de se justificar pelo forte entrelaçar dos problemas do conhecimento com os problemas da ciência.

Deve-se, ao mesmo tempo, ter em conta que essa última e mais frouxa distinção pode, às vezes, provocar alguns problemas. A fim de simplificar o que deve ser dito, reflete-se um pouco sobre o que é epistemologia (em geral) falando quais devem ser as questões principais de um filósofo que se dedique a esse campo do saber. Ele deve primordialmente ter em mente, baseado ou não em outros pensadores (e mesmo que uma postura cética seja assumida), uma resposta para as seguintes questões:

Que crenças são justificadas e quais não? Se há algo que se pode conhecer, que é? Qual é a relação entre conhecer e ter uma crença verdadeira? Qual é a relação entre intuir e conhecer? (DANCY, 1993, p. 15, tradução nossa).

Pode-se identificar, independentemente de se saber as respostas para tais perguntas, que a epistemologia é, no sentido mais lato, o campo do saber filosófico que se preocupa em distinguir e justificar a crença. Seguindo esse mesmo caminho ou objetivo, estão igualmente termos como teoria do conhecimento e gnosiologia – este mais utilizado em espanhol e italiano. Parece um retorno ao problema anterior relativo à distinção etimológica; entretanto, nesse ponto, algumas coisas podem ser divididas de maneira diferenciada. Sendo os objetivos parecidos (e, até certo ponto, os mesmos), como diferenciá-los? A resposta mais simples para essa situação está na história da filosofia.

Começa-se então por gnosiologia. De acordo com Ferrater Mora (1965), o termo aparece pela primeira vez no século XVII, no "Lexicon Philosophicum" de J. Micraelius. Com ele, Micraelius procurou distinguir uma disciplina em que se divide a metafísica, ou seja, a gnosiologia (por vezes, gnosologia) se ocuparia do conhecimento. No entanto, seu uso atual refere-se também à sinonímia de teoria do

conhecimento; em geral, relatando os limites, a validade, a essência e a origem do conhecimento humano.

Como informa Caygill (2000, p. 114), “o vocábulo alemão *Erkenntnistheorie* (teoria do conhecimento)” – é pós-kantiano e, na maior parte das vezes, traduzido por epistemologia – “foi criado por K. L. Reinhold”, o qual se preocupou em traduzir o termo dessa maneira para tentar dar à filosófica crítica de Kant uma aparência de “teoria da representação em *Letters on the Kantian Philosophy*”.

No entanto, Kant não usou as palavras epistemologia, teoria do conhecimento ou qualquer sinônimo, haja vista o problema do conhecimento estar para a filosofia crítica entrelaçado com o problema ontológico (CAYGILL, 2000). Assim, essa distinção entre epistemologia e ontologia ocorreu somente em meados do século XIX, quando se teve a preocupação nessa distinção, ou seja, entre o que é, em essência, epistemológico e ontológico. Isso pode ficar mais claro nas palavras de Kant:

[...] as condições da possibilidade da experiência em geral são, ao mesmo tempo, condições da possibilidade dos objetos da experiência e têm, por isso, a validade objetiva num juízo sintético *a priori*. (KANT, 2001, A158/B197).

Com responsabilidade, encontra-se o uso correto desse termo, teoria do conhecimento, em textos alemães, além de serem, em sua maioria, filiados filosoficamente ao escocês de Königsberg.

O termo filosofia da ciência, por sua vez, quando mencionado nos mais diversos artigos e livros, sejam da área educacional das ciências, sejam dos atuais trâmites da filosofia, vem geralmente imergido no significado de ser um ramo da investigação filosófica que se preocupa em ter uma reflexão crítica sobre as implicações conceituais, as aplicações metodológicas, as maneiras de agir das ciências e, até mesmo, sobre as implicações sociais do conhecimento científico (o que seria obviamente objeto da sociologia da ciência ou do conhecimento).

Essa categorização não se encontra em erro, entretanto deve ser compreendida no sentido mais amplo, no sentido lato de seu uso. Naturalmente, com relação à filosofia da ciência, o problema de categorizá-la de modo "correto" é bem mais profundo. Sabe-se, por exemplo, que o próprio termo filosofia – como bem lembra Dutra (2003) – é ambíguo, pois pode denotar os estudos éticos das ciências, os estudos epistemológicos e ontológicos das ciências etc. Dessa forma, a filosofia da ciência não estaria preocupada unicamente com aqueles problemas

epistemológicos do conhecimento científico, mas também com sua consequência ética, metodológica, filosófico-cultural, entre outras.

Mais a fundo, pode-se buscar as origens da filosofia da ciência, no sentido lato, nos antigos gregos, nos pré-socráticos; mas, eram aquelas reflexões filosóficas imersas num sentido metacientífico. Isso é justificável tendo em vista que aquelas reflexões anciãs sobre a ciência podem ser entendidas como discussões das abrangências possíveis do conhecimento humano e, desse modo, encontrar-se-iam nos âmbitos mais gerais da ontologia, da gnosiologia, da lógica, e não da ciência, como ela é hoje compreendida.

Essa acepção atual de ciência começou a ser refletida na obra do filósofo inglês Francis Bacon. Este que começou uma discussão, com seus aforismos, de como deveria ser o *ratio* e a *via* que a ciência moderna deveria seguir. Mesmo assim, as pretensões de Bacon se situam muito longe da atual concepção de filosofia da ciência. É consensual hoje, entre a maioria dos filósofos da ciência, uma postura diferente da adotada por Bacon, haja vista a experimentação seguida de indução não ser suficiente para explanar o todo ou verdadeiramente o *modus faciendi* das ciências naturais como atualmente se conhece.

Durante o desenvolvimento da ciência moderna (a ciência dos tempos de Galileu e Newton), os filósofos, que puderam assistir de camarote àquela nova forma de conhecer a natureza, tinham nela um exemplo de sucesso que deveria ser seguido pela filosofia (DUTRA, 2003). Então, além de compreender o conhecimento humano (um dever do epistemólogo), eles deveriam tirar do conhecimento científico o exemplo de sucesso. Nas palavras de Dutra (2003, p. 9), “uma teoria do conhecimento não seria completa se não fosse também, e talvez principalmente, uma teoria do conhecimento científico”.

Porém, essa concepção idolátrica da ciência nos filósofos da Era Moderna (Bacon, Descartes, Locke, Hume) encontrou seus maiores opositores no final do século XIX e durante o século XX. Nesse novo período de reflexões sobre a ciência, encontra-se a epistemologia como sinônima de filosofia da ciência (e/ou teoria da ciência) – isto é, um ramo da filosofia em que há uma preocupação com as discussões de temas como a aceitação e a confirmação de teorias científicas, o progresso das ciências, as explicações científicas e a demarcação entre ciências e os outros saberes. Dessa maneira, pode-se entender essa filosofia da ciência (ou teoria das ciências) do século XX como sinônimo de epistemologia das ciências;

diferenciando-se, destarte, da epistemologia como teoria do conhecimento – da epistemologia na qualidade de estudo das possibilidades do entendimento e do conhecimento humano.

É importante uma argumentação coerente acerca desse tema, visto que, na seção quatro, fala-se de aspectos epistemológicos indispensáveis para a compreensão histórica do contexto de desenvolvimento da física newtoniana. Como exposto, certo vocábulo como teoria do conhecimento ou epistemologia não coexistiram com esse período histórico da ciência. Nem alguns adjetivos, hoje comumente utilizados para designar as ciências, como cientista ou científico eram empregados. O próprio Newton é um filósofo natural, e não um cientista nos moldes contemporâneos e positivistas. Por conseguinte, o que se entende por aspectos epistemológicos tem relação com o conjunto de conteúdos, de conceitos e de temas – não somente no plano científico, mas também no humano – sobre a compreensão do conhecimento (suas possibilidades, sua estrutura, sua gênese).

2 DA FORMAÇÃO CIENTÍFICA: UMA POSSÍVEL CATEGORIZAÇÃO

*A razão dos filósofos é muitas vezes
tão extravagante como a imaginação dos poetas.*

(“Máximas”, Marques de Maricá)

2.1 A FORMAÇÃO E A FILOSOFIA

Ao se falar de formação, no seu sentido assumido em filosofia, chega-se ao termo cultura, o qual sempre teve lugar cativo nas discussões filosóficas ao longo dos tempos. As duas acepções de cultura, tomadas no âmbito filosófico, indicam a formação do homem (sua melhora, seu refino) e o resultado dessa formação (as maneira de viver e o pensar desenvolvidos em sociedades⁵).

Do mesmo modo, outros dois conceitos aparecem: o alemão *Bildung* e o helênico *Paidéia*. O último se confunde com a primeira acepção de cultura, anteriormente lembrada, ou seja, a *Paidéia* grega equivale a um processo educativo que encaminha os homens às virtudes, à excelência humana (VILANOU, 2001); o vocábulo alemão, por sua vez, pode expressar-se nos contornos dos dois sentidos de cultura, quer para propor a formação do homem, quer para indicar o resultado desta.

O termo grego, conforme elucida Vilanou (2001), lançou as bases do humanismo europeu definido nas obras de Homero: a “Ilíada” e a “Odisséia” desenvolveram uma forma de vida que destaca várias virtudes morais e espirituais que possuíam o objetivo de promover a dignidade do ser humano.

⁵ As controvérsias alusivas às concepções de ciência e de conhecimento não alcançam a multiplicidade das questões a respeito da sociedade. É confuso, por exemplo, aceitar as argumentações dos antigos gregos sobre esse objeto, visto que atualmente o conceito de social (e, por conseguinte, de sociedade) vive em constante transformação. Isso, entre outras coisas, por razão de um mundo de complexidades técnicas e tecnológicas, o que influencia profunda e radicalmente no desenvolvimento social. Além disso, para os gregos, era quase inevitável atrelar as discussões sociais ao Estado, este que era um conceito genuinamente ligado à concepção de *polis*. Hoje as bruscas mudanças sociais, quase sempre, são influenciadas por interpretações da história crítica, fluindo o conceito de sociedade para o de “modo de produção”. Por outro lado, a interpretação das mentes positivistas liga a sociedade ao momento desta, atribuindo o termo “sistema social”. Em muitos outros lares filosóficos e sociológicos, continua-se tal seqüência de discussão *ad infinitum*.

Posteriormente, tais virtudes passaram a coexistir com a preocupação de que o homem grego deveria se instruir nas boas artes (como a poesia, a filosofia, a retórica etc.), nas quais o homem poderia encontrar o caminho para o adequado devir humano, isto é, a correta maneira de formar o homem verdadeiro.

De acordo com Abbagnano (2007, p. 262), “[...] para os gregos, o homem só podia realizar-se como tal através do conhecimento de si mesmo e de seu mundo, portanto mediante a busca da verdade em todos os domínios que lhe dissessem respeito”. Para o mesmo autor, esse conceito de cultura entrelaçado com *Paidéia*, como um processo de formação especificamente humana, excluía qualquer atividade utilitária, por exemplo, os ofícios, as artes e o trabalho manual, aos quais foi desenvolvido um termo depreciativo, a *banausia*.

Dessa maneira, assimilando aqueles conceitos de virtudes destacados pela obra de Homero, a filosofia passou a ampliar a figura do sábio clássico, personificado na figura de Sócrates. O filósofo ateniense “[...] se esforça por viver e morrer conforme um projeto racional de conduta humana que surge de uma escrupulosa observação das leis das *polis* gregas que são um reflexo das leis regentes do universo” (VILANOU, 2001, tradução nossa).

Com efeito, por meio do desenvolvimento de uma pedagogia e filosofia (que lançavam suas bases sobre o pensamento, abonado pelo *logos*), o grecismo procurava reproduzir sua cauta observação da proporção de beleza e de excelência que refletiam as leis universais.

Nessa conjuntura, é notável a importância dada, pela cultura helênica, a uma formação em que a ética era o núcleo essencial da educação. Severino (2006, p. 622) esclarece que, nesse contexto, no qual podemos incluir a medievalidade latina, a ética imperou como a matriz pragmática da formação humana, isto é, “[...] o ideal humano era o aprimoramento ético-pessoal e esta era a finalidade essencial da educação”.

O conceito ou, pelo menos, a idéia de formação humana e cultural difundida pela *Paidéia* grega percorreu a Antiguidade Clássica e parte da Era Medieval⁶. Com a expansão do cristianismo, a antiga *Paidéia* cedeu lugar para a *Paidéia* cristã, na

⁶ Em 313, a legalização do cristianismo, realizada pelo imperador Constantino, significou um símbolo da expansão desta crença e possibilitou ainda mais seu crescimento. Com o batismo de Teodósio, o último imperador do império unificado, e a proibição de outros cultos dentro dos limites romanos, o cristianismo firmou suas bases. Entretanto, a população dos pagos, o que lhes rendeu o termo pagão, permaneceu intata e resistente, de certa forma, à fé cristã e fiel à Antiga Religião e, assim, alguns resistiram até meados da Alta Idade Média.

qual o sentido de formação do homem (durante o período medieval) passou a ser subordinado à ajuda e à intervenção do Deus cristão.

Vilanou (2001, tradução nossa) lembra ainda que, “[...] em conseqüência, a entrega pessoal a Deus constituiu a pedra angular da nascente *Bildung* medieval”. Isso oferecia ao homem medieval uma consideração de interesse ao próximo, “[...] o que implica que o homem deve se liberar do afã egoísta da autoperfeição”. Certamente esta se refere à preocupação da *Paidéia* grega na observação da proporção de beleza e de excelência que refletiam as leis universais. Com a renúncia da autoperfeição, o homem podia se abrir para a recepção do Deus cristão, “[...] segundo planejou a mística alemã do século XIV”. Dessa forma, “[...] a metafísica cristã oferece um marco teônimo para regular a formação humana”.

Foi nesse contexto que apareceu o termo alemão *Bildung*. Talvez este seja um dos termos com significado mais rico e incerto na filosofia. Além do que, segundo Vilanou (2001), o conceito de *Bildung* é, muitas vezes, identificado com a idéia de formação, bem como é traduzido por cultura em outras ocasiões. Naturalmente, essa incoerência no significado seria fruto de uma tradução simplória do termo. De modo independente dos múltiplos significados, *Bildung* é um dos pilares da cultura alemânica, quiçá pela sua riqueza de significado, e um dos vocábulos filosóficos e literários mais relevantes quando se fala em formação (GROSS, 2005).

Com o rompimento daquela tradição teológica antes mencionada, o conceito de *Bildung* assumiu uma postura contrária ao individualismo, destacando a subordinação do indivíduo à humanidade – o novo objetivo da formação individualizada era a própria humanidade. Assim, o caráter cosmopolita do termo tomava seu posto: *Bildung* denotava um grau de formação individual (GROSS, 2005).

Para Vilanou (2001), esse projeto implica duas coisas: primeiramente, que o fim da natureza se firma no homem e, em segundo lugar, que o fim da história é o benefício da humanidade mais perfeita. *Bildung* era um dos reflexos de como uma época compreendia ou gostaria de ver o mundo a sua volta (era o empenho dos neo-humanistas entre os séculos XVIII e XIX).

Nota-se com facilidade que o termo alemão é mergulhado em significados. O sentido mais claro de *Bildung* aparece como processo definidor e resultado da cultura. Nesses termos, Suarez (2005, p. 193), em seu estudo baseado na leitura do artigo *Bildung et Bildungsroman*, de Antoine Berman, informa a respeito do caráter

dinâmico do vocábulo explicando que “*Bildung* se impõe a partir da segunda metade do século XVIII, exprimindo, ao mesmo tempo, o elemento definidor, o processo e o resultado da cultura”. Tal fato é indicativo da sua forte conotação pedagógica e, por isso, o vocábulo é tido como um grau de formação cultural do indivíduo, bem como um grau de formação de humanidade no caso dos neo-humanistas.

Com isso, é nítido o intuito dessa formação cultural, que deveria buscar a forma acabada do homem, o ideal deste e o espírito do humanismo. O próprio humanismo é um correspondente da palavra antiga *humanitas*, que é, em certas ocasiões, usada como sinônimo da *Paidéia* grega. Esse fato remete a outros sentidos do termo alemão, indicando uma necessidade de viagem ao antigo, uma carência de tradução da Antiguidade, uma exigência de uma formação humana individual.

Ao conceber o seu sistema de universidades, ao privilegiar a Estética e a Natureza como potencialmente educativas, ao cultivar o classicismo, especialmente o helênico, ao entender a educação como *sich bilden* (auto-cultivo), ao incentivar os valores morais, éticos e espirituais que poderiam perder-se com o progresso social e econômico, ao privilegiar a sua língua germânica, ao cultivar o romantismo da *Sturm und Drang* (Tempestade e Ímpeto), sem todavia romper frontalmente com a *Aufklärung* (Esclarecimento) enfim, por tudo isso, e com certeza muito mais, estava o povo alemão como que relembando a *Paidéia* dos gregos agora como de *Bildung* (Formação) e transplantada da Grécia para a Alemanha. Ressurgia assim a *Paidéia* grega agora germanizada e de inspiração protestante e pietista – a *Paidéia* da *Aufklärung*. (GROSS, 2006, p. 5).

É nesse rico contexto que o vocábulo formação se acha historicamente. De modo recente, a *Bildung*, com seu poder formativo, ainda é considerada nas discussões das áreas educacionais e filosóficas. Um grande exemplo disso encontra-se nos estudos da Escola de Frankfurt, na qual pensadores como Horkheimer, Benjamin, Marcuse e Adorno desenvolveram seus projetos inseparáveis da tradição da *Bildung* humanista.

Educação, cultura e formação (sejam quaisquer os vocábulos expressos para dirigi-la) possuem, de fato, um entrelaçar significativo nas controvérsias e argumentações das ciências humanas, em especial na Educação. Leve-se em conta que educação, como vocábulo filosófico e pedagógico, contrai às vezes uma acepção de formação humana e individual. Nesses termos, de acordo com Severino (2006, p. 621), “[...] a formação é processo do devir humano como devir humanizador, mediante o qual o indivíduo natural devém um ser cultural, uma pessoa”.

Destarte, chega-se a uma parte relevante, visto que toda essa discussão para se referir ao processo de formação individual (ou, até mesmo, ao grau de formação do homem e ao resultado desta expressa pelos modos de viver e pensar em

sociedade) diz respeito à necessidade de uma reflexão sobre como tal vocábulo, em termos gerais, aparece em filosofia e em pedagogia; o objetivo, entretanto, é chegar ao entendimento acerca dos usos de formação, para que haja uma compreensão do termo formação científica.

Os usos anteriores, bem como os termos derivados, por certo, não se equivalem completamente ao presente intento, haja vista que, como ilustra Severino (2006, p. 621), “[...] quando se fala, pois, em educação para além de qualquer processo de qualificação técnica, o que está em pauta é uma autêntica *Bildung*, uma *Paidéia*, formação de uma personalidade integral”.

Logo, ao se falar agora em formação científica, deve-se ter uma postura do que se espera desta formação. De certa maneira, ela pode confundir-se a uma qualificação técnica, ou ainda a um processo de aquisição de competências profissionais, ou quiçá a um grau de refinamento pessoal, como no caso da *Paidéia* e da *Bildung*. Mais além, a formação científica pode dizer respeito ao resultado formativo de um cientista (ao longo de sua carreira como discente), à implicação do processo educacional de estudantes de ciências dos mais variados níveis, ao grau de desenvolvimento cultural transmitido pelos educadores das ciências, ao proveito da aprendizagem de colegiais nas disciplinas de ciências etc. Enfim, quando se fala em formação científica, as possibilidades de contextos são diversas, fruto, entre outras coisas, da riqueza desses dois termos de ampla utilização: formação e científico.

Os trabalhos de maior relevância nos quais a mencionada expressão aparece de maneira mais clara são aqueles que se referem à formação de professores de ciências, aos estudos sobre o ensino de ciências (quer nas academias, quer nos diversos níveis) e ao resultado da formação acadêmica dos cursos de ciências. Nessas pesquisas, percebe-se que a determinação do que é a formação científica, assim como qual é o seu papel, está imersa em filiações epistemológicas e nas mais variadas correntes pedagógicas e filosóficas às quais pertencem seus pesquisadores.

2.2 A FORMAÇÃO E A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS

Sem hesitar, pode-se dizer que um cientista, antes de julgar-se competente para o exercício de sua função perante a comunidade científica, passou por uma formação. Esta, mesmo entendida simplesmente como a aquisição de certos conjuntos de conhecimentos e habilidades específicos, é obtida nas academias científicas e nas universidades. Nesse contexto, a comunidade exotérica das ciências é submetida ao ensino universitário.

Ocorrem, dentro do ensino universitário, na área científica, em geral, dois tipos de formações: a de futuros professores de ciências e a de futuros cientistas. À primeira cabe o desenvolvimento de certos conjuntos de conhecimentos que favorecerão a mediação universal e insubstituível das duas formações. Por tal motivo, concentra-se a atenção desta subseção no que é compreendido, em certas pesquisas, por formação de professores de ciências.

Tem se demonstrado a formação de professores de ciências um tema demasiado rico nas pesquisas do ensino de ciências. Notoriamente porque é no professor de ciências que se encontra, seja na formação acadêmica, seja no ensino em geral, um mediador universal dos conhecimentos científicos e dos interesses sociais. Cabe ao docente das ciências o intermédio entre o que é produzido pela comunidade científica e, em princípio, o que é produzido pelas áreas de investigações em ensino de ciências. Com naturalidade, as formas dessa mediação são por meio de métodos de aprendizagem; estes que, em geral, são frutos de correntes epistemológicas diversas. Porquanto, é a tarefa do professor muito dura, talvez a mais dura, quando se fala em formação científica.

Pesquisas no âmbito da sociologia do conhecimento (FLECK, 1989; FREITAS, 2003; KUHN, 1979; LATOUR; WOOLGAR, 1979; MERTON, 1949) têm evidenciado como a comunidade científica se divide em tarefas para a resolução dos mais variados problemas. Dessa forma, não compete a um único cientista a detenção de todos os conhecimentos e saberes necessários para a resolução desse ou de outros afazeres científicos: sabe-se que o fazer científico é um fazer de colaborações. Ao se falar do professor de ciências, porém, é o docente, muitas vezes, um solitário gladiador, devendo quase ser um super-homem dos saberes científicos, pedagógicos,

práticos etc. Apesar desse fato, é a formação dos professores de ciências um ponto decisivo de outra formação, a científica.

Os saberes, os conhecimentos, os conteúdos, as destrezas e outras tantas coisas necessárias, concernentes à formação de professores de ciências, são focos de discussões em artigos e trabalhos acadêmicos. Certas vezes, o termo formação é confundido com o próprio ensino e, em outras, com o próprio processo de ensino e de aprendizagem. Noutras ocasiões, aparece com conceitos próximos ao humanismo anteriormente explicitado pela *Paidéia* e pela *Bildung*. Contudo, em grande parte, o construtivismo domina as pesquisas sobre a formação de professores de ciências.

O livro de Carvalho e de Gil-Pérez (1993) intitulado “Formação de professores de ciências: tendências e inovações” é uma obra de referência na formação de professores das disciplinas científicas. Nele há uma significativa síntese de outros trabalhos relevantes na área, permitindo uma apreciação e um entendimento geral das pesquisas a respeito da formação de professores de ciências.

Inicialmente, é importante ressaltar que o termo formação surgiu como uma proposta para um melhor resultado do processo formador, ou mesmo do ato formativo, dos professores de ciências. Diz-se processo formador, pois indica um devir ou desenvolvimento gradual e sistemático; e ato formativo, visto que se relaciona com as ações a serem tomadas no que se refere a essa formação em específico. De modo real, isso ocorre de maneira dependente da corrente pedagógica seguida pelos autores, bem como pelas pesquisas mencionadas na obra, as quais o construtivismo norteia com nitidez.

Carvalho e Gil-Pérez (1993) declaram que a formação de professores de ciências, em geral, conecta-se a uma transmissão de conhecimento e destrezas. Nota-se ser essa formação um indicativo dos resultados do processo formador, cabendo ao professor de ciências ter um bom conhecimento da matéria de sua especialidade, certo grau de prática e alguns complementos psicopedagógicos. Ao criticar esse modo formativo, os autores apontam a pesquisa de Briscoe (1991), na qual são identificadas as insuficiências dessa formação de professores.

Naturalmente essa concepção de formação se contextualiza na pergunta destacada por Carvalho e Gil-Pérez (1993, p. 14): “[...] o que nós, professores de Ciências, deveríamos conhecer [...] para podermos desempenhar nossa tarefa e abordar de forma satisfatória os problemas que esta nos propõe [?]”. A solução, ou seja, a resposta adequada para esta pergunta estaria, de acordo com os próprios

autores, em uma orientação construtivista⁷, a fim de combater as concepções simplistas de ciência.

Como é de se esperar, tendo em vista a oposição realizada pela proposta construtivista seguida pelos autores, essas concepções simplistas de ciências estão quase sempre ligadas a formas simplórias e aproximadas de empirismo e a formas platônicas ou naturalistas de realismo. A terceira seção deste trabalho evidenciará algumas dessas concepções, as quais se refletem de maneiras variadas na formação de futuros professores de ciências e na de posteriores cientistas. Nada obstante, as concepções observadas em várias pesquisas não só evidenciam aquelas formas simplórias antes citadas, mas outras de origens mais subjetivas e complexas.

A orientação construtivista dos autores é muito comum na área, indo ao encontro de outros pesquisadores relevantes (CUDMANI; SANDOVAL, 2004; FURIÓ-MAS, 1994; PORLÁN, 2002; THOMAZ et al., 1996; TONUCCI, 1991; VIANNA; CARVALHO, 2001). De modo geral, há uma concordância significativa sobre a formação de professores de ciências, independentemente das correntes filosóficas ou pedagógicas seguidas em cada investigação: a de que, para o docente, não basta apenas dominar os conteúdos e ter uma didática⁸ razoável para ensinar ciências (CAMPANARIO, 2002). Refere-se a isso, porque, sendo essas as únicas características docentes, as aulas de ciências se tornam supérfluas; haja vista elas apenas se reduzirem aos conteúdos científicos, sem que estes garantam minimamente o sucesso que é esperado em uma formação científica eficaz: ensinar ciência e, ao mesmo tempo, formar pesquisadores, professores e sujeitos críticos (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 1993; CARVALHO; GIL-PÉREZ, 1992).

⁷ É uma tarefa árdua entender o construtivismo como um conceito ou como uma corrente unificada. Em geral, compreende-se qual a linha construtivista de um autor pelo encadeamento de suas idéias, ou seja, pelo contexto e por aproximações: o contexto define o conceito – nada mais apropriado, tendo-se em vista essa corrente. Usualmente, em epistemologia, o empirismo ingênuo e as concepções simplórias naturalistas ou platônicas de realismo são o alvo certo de críticas dos construtivistas. Em psicologia, a maior relevância está na procura da compreensão de como é dada a construção do conhecimento na mente do sujeito. Encontra-se, além disso, a busca construtivista pelo entendimento acerca da construção do conhecimento científico, analisando as influências externas, como o modo de produção, a circunstância e os fatores econômicos, sociais, históricos etc. Quando se fala em Ensino de Ciências, o predomínio construtivista é notável, sendo as correntes sociais (estas destacadas pelas pesquisas a respeito das concepções alternativas), as piagetianas, as humanistas e as radicais as mais visadas.

⁸ Naturalmente, ter "boa didática" não se refere ao objeto de estudo da própria didática, ou seja, a compreensão do processo de ensino-aprendizagem; porquanto um professor que domine este processo, bem como os estudos que o envolvem, seria por consequência um sujeito mais crítico e reflexivo. Refere-se, acima de tudo, àqueles que, sem a capacidade crítica devida, dominam miseravelmente algumas técnicas e possuem apenas certo manejo de classe.

No entanto, se essas qualificações profissionais não são satisfatórias, possuir boas técnicas de ensino em classe e dominar os conteúdos ministrados não garante o resultado esperado da formação científica. Desse modo, espera-se das orientações pedagógicas um posicionamento acerca de uma boa formação de professores de ciências. Essa questão poderia se emaranhar por diversos caminhos; busca-se, todavia, as primeiras respostas no estudo de Carvalho e Gil-Pérez (1993).

Uma parte da compreensão dos autores sobre formação de professores fica mais nítida nos seguintes trechos:

Embora a preocupação com o professor como um dos fatores essenciais do processo ensino/aprendizagem seja antiga (BRINCONES et al., 1986), até recentemente os estudos centravam-se nas características ou nas "diferenças entre bons e maus professores" [grifo dos autores], ao passo que hoje a questão se coloca em termos de quais são os *conhecimentos* que nós, professores, precisamos *adquirir* [grifo dos autores]. Este aspecto é, sem dúvida, importante e supõe uma superação de concepções essencialistas [...] que indicavam ineficazes políticas de seleção mais que processos de formação.

[...]

O conjunto de conhecimentos e destrezas proporciona agora uma visão rica e complexa da atividade docente que vai além, em alguns aspectos, do que se costuma indicar como "grandes objetivos" [grifo dos autores] da formação dos professores (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 1993, p. 17)

Nesse contexto, entende-se a formação de futuros docentes das ciências como a atribuição de certo conjunto de conhecimentos e destrezas apresentadas (e, de alguma forma, assimiladas) durante a caminhada acadêmica e continuada desses profissionais. Condizendo com Carvalho e Gil-Pérez (1993), tais habilidades formativas ligam-se à construção de conhecimentos com características de uma pesquisa científica e à necessidade de transformar o pensamento espontâneo do professor. Dessa forma, os autores expõem um quadro sobre o que os professores de ciências deveriam "saber" ou "fazer" para alcançarem seu "ideal formativo".

Em conformidade com o quadro mencionado (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 1993, p. 19), o professor de ciências deveria primeiramente "conhecer a matéria a ser ensinada", bem como "conhecer e questionar o pensamento docente espontâneo" (FURIÓ-MAS, 1994). Esses atos formativos, por sua vez, exigiriam a obtenção de "conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem e a aprendizagem das ciências" (BRINCONES et al., 1986), o que possibilitaria "a crítica fundamentadamente no ensino habitual", além de contribuir com a preparação adequada das atividades em classes de ciências. Igualmente, há destaque para a atitude de "saber dirigir a atividade dos alunos" (BROMME, 1988; BRINCONES et al., 1986) e "saber avaliar". Nessa

seqüência exposta, a utilização das pesquisas e das inovações proporcionadas pelo ensino de ciências deve, segundo os autores, ser encarada como fio condutor do processo formativo (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 1993).

Os próprios autores reconhecem os efeitos utópicos desse intuito e, por isso, destacam que “o essencial é que possa ter-se um trabalho coletivo em todo o processo de ensino/aprendizagem: da preparação das aulas até a avaliação” (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 1993, p. 18). Isto é: assim como a atividade acadêmica, a atividade docente deve ser uma obra coletiva.

Também filiados à corrente construtivista, outros trabalhos são voltados à compreensão de que o professor, ao longo de sua formação, deve adquirir uma prática reflexiva: tornar-se um professor-pesquisador, procurando aproximar o fazer ciência do ensinar ciência e estimular a investigação da prática docente (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 1992; FREITAS; VILLANI, 2002; MOREIRA, 1988; SILVA; DUARTE, 2002; VIANNA; CARVALHO, 2001).

O trabalho de Silva e Duarte (2002) apresenta-se como uma possível corroboração da eficácia dessa prática, com a qual os futuros professores demonstram uma capacidade reflexiva mais apurada, propiciando uma melhor experiência de aprendizagem segundo o ponto de vista do construtivismo social. É perceptível a influência sobre esses trabalhos, da mesma forma que outros procuram destacar a importância da imersão dos professores de ciências em formação em meios científicos (VIANNA; CARVALHO, 2001), de correntes originadas nos círculos antropológicos e sociológicos, como é o caso de Latour e Woolgar (1979).

A formação de professores de ciências se mostra, nessa exposição inicial, fortemente estruturada na hegemonia das amarras construtivistas. Segundo Furió-Mas (1994, p. 188, tradução nossa), isso se deve ao surgimento de um novo paradigma na educação iniciado nos anos oitenta, quando os maus resultados da educação em ciências “[...] foi colocado em questão o paradigma de ensino-aprendizagem das ciências baseado na transmissão verbal do conhecimento científico acabado.”. Assim o que se vê a respeito da formação professoral nas ciências é uma consequência paradigmática atual: “A formação de professores de ciências requer um esforço de fundamentação teórica que integre também as novas exigências práticas de uma aprendizagem construtivista” (FURIÓ-MAS, 1994, p. 188, tradução nossa). Ainda de acordo com o mesmo autor:

Em definitivo, o novo paradigma deverá contemplar a formação do professorado como a construção de um corpo teórico de conhecimentos sobre a aprendizagem das ciências que, ao mesmo tempo, integre as exigências derivadas de uma prática docente de orientação construtivista. (FURIÓ-MAS, 1994, p. 193, tradução nossa).

É importante destacar, ao mesmo tempo, como o termo formação se liga diretamente ao conceito de ensino e aprendizagem e, por vezes, confunde-se, em muito, com o próprio processo de ensino e aprendizagem. Dessa forma, depois de analisar os artigos a propósito do tema desta subseção, a compreensão de que os processos e os atos formativos são usados como sinônimos de ensino e aprendizagem se tornou evidente. Esse é o caso, por exemplo, de duas das necessidades formativas apontadas por Carvalho e Gil-Pérez (1993), ou seja, "saber avaliar" e "saber dirigir a atividade dos alunos".

Dizendo respeito a esse mesmo ponto, nota-se, ainda, que não há uma categorização clara sobre o que é a formação, no caso a formação de professores de ciências. O termo aparece de maneira comum, significando a constituição de um conhecimento profissional e o resultado esperado para este.

Percebe-se o termo formação, na pesquisa de Carvalho e Gil-Pérez (1993), sendo empregado com o intuito de indicar, entre outras coisas, alguns conhecimentos a serem adquiridos pelos professores de ciências. Têm-se como modelo os conhecimentos em relação à matéria a ser ensinada, nos quais há um destaque para o conhecimento a respeito da história das ciências. Juntamente, evidencia-se a preocupação, muito comum em filósofos pós-positivismo, com as formas de "[...] associar os conhecimentos científicos com os problemas que originam sua construção" (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 1993, p. 23).

Um professor precisa conhecer a história das Ciências, não só como um aspecto básico da cultura científica geral [...], mas, primordialmente, como uma forma de *associar os conhecimentos científicos com os problemas que originaram sua construção* [grifo dos autores], sem o que tais conhecimentos apresentam-se como construções arbitrárias. (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 1993, p. 23).

Dentro desse conjunto, outros conhecimentos a serem obtidos são destacados: os acerca das dificuldades epistemológicas enfrentadas pelos alunos de ciências (os chamados obstáculos epistemológicos); os com relação às orientações metodológicas que, eventualmente, ajudem na construção dos conhecimentos científicos (por parte dos alunos); os a respeito das interações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade; e, por último, os a propósito de alguns desenvolvimentos científicos recentes, com o

objetivo de transmitir uma concepção dinâmica das ciências (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 1993).

Além desses, a grande evidência fica por parte de certos conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem das ciências, que claramente espelham a visão epistemológica dos autores. De tal modo, tais conhecimentos devem propiciar, ao futuro professor de ciências, um reconhecimento da existência das concepções espontâneas⁹ – o que, por sua vez, torna necessária a consciência de que os alunos devem aprender significativamente construindo conhecimento. Tem, sem dúvida, essa conjuntura uma nota construtivista: conhecimentos são respostas a questões, junto das quais há o caráter social da construção dos conhecimentos científicos (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 1993).

Afora esses conhecimentos a serem obtidos, há também o caráter prescritivo da formação de professores de ciências; são apontadas certas ações a serem tomadas e conectadas ao processo de ensino e aprendizagem. Com relação a isso, observa-se o cuidado quanto ao pensamento docente de "senso comum" (FURIÓ-MAS, 1994), ou seja, deve-se questionar a concepção simplista do que é a ciência e o trabalho científico quando se fala em formação de professores. Isso, segundo os autores, estaria unido ao questionamento da "redução habitual do aprendizado das ciências a certos conhecimentos e (se muito) a algumas destrezas esquecendo aspectos históricos, sociais, etc." (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 1993, p. 28).

A essas ações juntam-se as conseqüentes: o questionamento "do caráter natural do fracasso generalizado dos alunos", "da atribuição de atitudes negativas em relação à Ciência e sua aprendizagem", do "autoritarismo da organização escolar e, no pólo oposto, o simples *laissez-faire*", da "idéia de que ensinar é fácil" (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 1993, p. 29).

Não obstante, ainda são apresentadas algumas qualificações práticas atribuídas à atividade docente das ciências – como saber analisar criticamente o

⁹ "Concepções alternativas, também chamadas intuitivas ou espontâneas, são as concepções apresentadas pelos estudantes, que diferem das concepções aceitas pela comunidade científica" (GRAVINA; BUCHWEITZ, 1994). "Esse programa de pesquisa, rotulado como ACM (*alternative concepts movement*) [...], teve uma grande influência nos últimos anos. [...]. Os resultados dessas pesquisas contribuíram para fortalecer uma visão construtivista de ensino-aprendizagem que até muito recentemente parecia dominar a área de Educação em Ciências e Matemática [...]. Apesar da grande variedade de diferentes abordagens e visões, que aparecem na literatura sob o mesmo rótulo, há pelo menos duas características principais que parecem ser compartilhadas: 1) a aprendizagem se dá através do ativo envolvimento do aprendiz na construção do conhecimento; 2) as idéias prévias dos estudantes desempenham um papel importante no processo de aprendizagem" (MORTIMER, 1996).

ensino tradicional, conhecer as limitações das formas de avaliações habituais, conhecer as limitações das formas de organização escolar habituais e, por fim, saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem efetiva, sabendo dirigir o trabalho dos alunos e avaliar o aprendizado deles.

É notável a formação ser utilizada meramente como algo prescritivo buscando o resultado final do processo de ensino-aprendizagem desses profissionais. Dessa forma, o termo não assume um caráter de constituição do sujeito, como há no caso dos termos apresentados anteriormente, *Paidéia e Bildung*. Entretanto, por meio dessas investigações, começa-se a ver o laço das dificuldades enfrentadas na formação científica, a compreendê-la pelo modo como é criticada.

Para concluir, pode-se dizer que não há uma discussão sobre formação como uma constituição do sujeito. Isso leva ao entendimento de que a formação de professores de ciências encontra-se atrelada ao *modus operandi* dessa profissão, estando intimamente correlacionada com o processo de ensino e aprendizagem, e não com o grau de formação do sujeito, no caso o professor. Assim, ao manter a formação ligada ao resultado do processo formativo, mantém-se o caráter utópico, o qual é inclusive mencionado pelos autores citados. Quanto a esse assunto, na seção "Das opiniões problemáticas" haverá uma análise mais cuidadosa dessa consequência.

2.3 O ADJETIVO CIENTÍFICO E A FORMAÇÃO CIENTÍFICA

Com esse último exame de vocábulos, resta direcionar a atenção sobre o adjetivo científico; este se emprega na delimitação entre os conhecimentos pertencentes a um campo demarcado pelo substantivo ciência e os que não possuem o mesmo rigor expresso por esse último.

Nada obstante a dependência com o substantivo ciência, a clareza do entendimento acerca do adjetivo continua confusa. Na etimologia, a origem remota da palavra ciência se encontra, conforme o etimólogo Geraldo da Cunha, da seguinte maneira:

Ciência *sf.* 'conhecimento, saber, informação' || XIV, *sci-* XIV | Do lat. *scientia* || **ciente** *adj.* 2g. 'que tem ciência' | XIII, *cy-* XIV | Do lat. *sciens - entis*, part. de *scio* 'saber, conhecer' || **científICAR** *vb.* 'informar' | *sci-* 1899 || **cientÍFICO** | *sci-* XVI | Do lat. tard. *scientificus* || **cientISTA** *s2g.* 'especialista

numa ciência' | *sci-* 1899 | Do ing. *scientist* || **insciência** *sf.* 'ignorância' XVII. Do lat. *inscientia* || **insciente** XVII. Da lat. *insciens -entis* || **ínscio** 1873. Do lat. *in-scius*. (CUNHA, 1986, p. 182, grifos do autor).

Portanto, chega-se ao verbo latino *scire*, o qual, na função de verbo transitivo e intransitivo, significa "saber, conhecer, ser capaz", bem como outros sentidos não muito empregados. A primeira definição apresentada é a mais adequada; nela se encontra, também, o primeiro obstáculo demarcatório, haja vista que não são todos os saberes os que podem ser qualificados como uma ciência propriamente dita.

Apesar da aparente ingenuidade, esse é um problema filosófico antigo. Encontra-se, por exemplo, na "República" de Platão um cuidado com a distinção entre a *episteme* – que, nesse caso, pode ser traduzida por saber e conhecimento ou, de maneira mais aberta, por ciência – e o *dóksa* – a opinião. No diálogo com Glauco, Sócrates profere: "a opinião [*dóksa*] é, portanto, algo intermediário entre a ciência [*episteme*] e a ignorância" (PLATÃO, 1965, 478c). Dessa forma, é exposto que a opinião não passa de algo estabelecido entre a ignorância e a ciência, o saber detentor de certa garantia de sua validade.

O valor adjetivo do substantivo ciência, outrossim, leva ao entendimento de que esta é uma atividade determinada do conhecimento humano. Na qualidade de um ramo da atividade intelectual, naturalmente ela é diferente de outras, tais como a música, a religião, a pedagogia, a filosofia, a literatura, o direito etc.

É evidente, naquela passagem da "República", um pequeno jogo de palavras, justificado pelas traduções e usos do vocábulo grego *episteme* – que, como ciência, indica um saber, um conhecimento, nos quais a verdade, de certa maneira, é garantida ou aproximada. Essa divisão não resolve, em muito, o problema da separação dos saberes; porque não permite distinguir, por exemplo, o saber científico do filosófico.

Ao se refletir sobre o que separa a ciência de outras áreas do saber e do conhecimento humano, chega-se a um problema moderno em filosofia, o problema da demarcação entre ciência e não-ciência: uma questão não solvida e mergulhada em profunda e complexa discussão no âmbito epistemológico.

Sem dúvida essa questão durante muito tempo não pareceu muito grave, em especial no que diz respeito aos conhecimentos propriamente filosóficos e aos propriamente científicos: pensa-se, como modelo, na "Física" de Aristóteles, da qual a compreensão é impossível se separada do todo de sua filosofia; Newton, Descartes e Leibniz e outros tidos como cientistas da era moderna nunca se disseram cientistas, como hoje se denota este substantivo. Nota-se, como exemplo,

ser a compreensão filosófica desses pensadores indispensável para sua concepção acerca da filosofia natural. Esta, por sua vez, era uma área do saber filosófico e particular preocupada, entre outras coisas, em discutir a "física": não havendo uma separação clara entre os saberes ditos científicos e os considerados filosóficos em nossa época.

Preocupando-se com a boa apresentação da passagem anterior, a atenção é dirigida para Aristóteles, bem como seus sucessores. No livro sexto (*épsilon*) da "Metafísica", de modo sempre muito analítico, Aristóteles expõe sua categorização sobre as ciências, havendo três diferenciações para elas: podem ser teóricas, práticas e poéticas (ARISTÓTELES, 1970, Libro VI, I).

Quanto às teóricas ou especulativas, estas são as suas representantes: a matemática, a física e a teologia. As práticas, por sua vez, entendidas como as ciências da ação, são as destinadas a um fim, sendo o caso da economia, da moral e da política. Embora produzidas por um agente, as poéticas igualmente visam a um fim ou um objeto, possuindo seu princípio nas ciências práticas. Essas últimas são a dialética, a retórica e a poética.

No caso relativo à alegação de a física ser uma ciência teórica, Aristóteles (1970, Libro VI, 1025b) justifica:

Y, puesto que también la Física es una ciencia que versa sobre cierto género del Ente (pues trata de aquella substancia que tiene en sí misma el principio del movimiento y del reposo), es evidente que ni es práctica ni factiva. [...] La Física será una ciencia especulativa, pero especulativa acerca de un ente tal que sea capaz de moverse, y acerca de la substancia, según el enunciado generalmente, pero no separable.¹⁰

Com esse trecho, a clareza do que seria a ocupação da física aristotélica se torna um pouco mais evidente e, além disso, nele se encontram certas finalidades das ciências teóricas; estas apresentadas como os saberes de uma maior profundidade, exigindo mais da razão e, por esse motivo, são as primeiras em ordem cronológica e em dependência das demais. Ademais, Aristóteles (1970, Libro VI, I, 1026a, tradução nossa) apresenta uma ordem lógica das ciências teóricas:

Portanto, há três ciências teóricas (ou especulativas): a Matemática, a Física e a Teologia. Com efeito, se o divino existe em alguma parte, é na natureza imóvel, independentemente de onde é preciso reconhecê-lo. Assim, pois, a ciência mais valiosa deve ter por objeto o ser por excelência

¹⁰ "A Física é a ciência de um gênero de seres determinados, ocupando-se da substância que possui em si o princípio do movimento e do repouso. É evidente que não é uma ciência prática ou criadora. [...] A Física será uma ciência teórica, porém uma teórica acerca de um ser que seja capaz de mover-se, e de uma só substância, daquela cuja noção é inseparável de um objeto material". (tradução nossa)

(ou mais valioso). As ciências teóricas estão acima das demais, e a teologia está sobre as outras teóricas.

Mesmo levando tamanhos fatos em consideração, o entendimento completo a respeito das ciências aristotélicas não se manifesta privadamente de outros aspectos, dos quais podem ser destacados: a demonstração dos conhecimentos, incluindo a lógica, e a função da observação¹¹ e do todo de sua filosofia, principalmente de sua ontologia.

Este texto não tem a intenção de aumentar sua extensão por razão da filosofia aristotélica; é importante, no entanto, ressaltar que ela se tornou a mãe de uma ciência detentora de um sistema demasiadamente coerente, baseado em um firme sistema lógico e em uma ontologia implacável que sustentava, até mesmo, a mísera de experimentação. A ciência aristotélica só viria a possuir uma adversária mais coerente com o surgimento da física newtoniana.

Sem dúvida, deixa-se para trás toda uma contribuição no tocante à classificação das ciências e dos saberes em geral, como a filosofia estóica, ou o epicurismo, ou mesmo as correntes medievais, que tiveram demasiada preocupação nessa separação. Entende-se, todavia, o aristotelismo como o grande exemplo de coerência e de coexistência durante todo esse período, mantendo-se visivelmente intacto e intenso mesmo depois de Ockham.

Algumas das mais marcantes distinções dos saberes das ciências foram expostas na nascente Idade Moderna. Uma nova concepção de ciência (ou de saberes ditos de uma ciência) estava florescendo e nela encontra-se uma preocupação:

The study of nature with a view to works is engaged in by the mechanic, the mathematician, the physician, the alchemist, and the magician; but by all (as things now are) with slight endeavor and scanty success.¹² (BACON, [200-], I, V).

¹¹ Talvez se faça aqui necessária uma separação entre a função da observação e da experimentação. Por essa razão, diz-se que observação é uma ação, que por meio dos sentidos, destina-se a obter a consciência sobre os objetos e, assim, interpretá-los com o uso de conceitos ou, de maneira mais clara, segundo Cohen e Westfall (2002, p. 187), ela "[...] não é idêntica à experimentação" – pelo menos, como hoje compreende-se esta –; pois, "a observação tende a ser passiva, aceitando os dados que a natureza oferece". De outro modo, "a experimentação interroga ativamente a natureza, fazendo perguntas que a natureza não pode responder espontaneamente e definindo as condições em que as perguntas podem ser formuladas [...]". Nota-se, portanto, uma diferença considerável entre experiência, nos seus vários sentidos, e experimentação, de certa forma, o processo da investigação empírica.

¹² "Costumam ocupar-se do estudo da natureza, com a finalidade de trabalhos, o mecânico, o matemático, o médico, o alquimista e o mago; todos, porém, no presente estado das coisas, exercem suas funções com esforço fútil e sucesso tênue." (tradução nossa). Omite-se a tradução de *physician*, haja vista este vocábulo não ter sido usado na versão latina do "Novum Organum".

A crítica à filosofia natural aristotélica e à escolástica medieval é evidente. De tal modo, nasce com Francis Bacon uma nova preocupação demarcatória quanto às ciências ou aos saberes que pretendiam se galgar como tal.

Bacon foi o grande protagonista dessa discussão inicial. Mesmo sem usar o termo demarcação propriamente dito, ele procurou distinguir *anticipationes naturae* das *interpretationem naturae*. Segundo o filósofo e ensaísta inglês:

As conclusões da razão humana, segundo o que lhe é aplicado ordinariamente, em matéria da natureza, chamo-lhes de *anticipationes naturae* (por ser algo temerário e prematuro); quanto às que procedem do modo devido, por meio dos fatos, concedo-lhes a graça de *interpretationem naturae*. (BACON, [200-], I, XXVII, tradução nossa).

O questionamento se dava no porquê de a filosofia ter se tornado uma semente sem bons frutos. Bacon, nada obstante, pretendia dar à filosofia um caminho adequando para a coleta, senão de frutos perfeitos, daqueles que não recorrem dos erros humanos, representados pelos Ídolos¹³. Para melhor compreensão, leiam-se as palavras do próprio autor:

Now my method, though hard to practice, is easy to explain; and it is this. I propose to establish progressive stages of certainty. The evidence of the sense, helped and guarded by a certain process of correction, I retain. But the mental operation which follows the act of sense I for the most part reject; and instead of it I open and lay out a new and certain path for the mind to proceed in, starting directly from the simple sensuous perception.¹⁴ (BACON, [200-], author's preface).

Nem a filosofia nem os supostos sábios medievais haviam conseguido trilhar um modo de operar que garantisse à ciência ficar longe das falsas operações cognitivas (as simuladas noções) e dos Ídolos. Dessa maneira, Bacon procurava assegurar, em sua principal obra, os primeiros passos para uma filosofia que viesse a possibilitar o alcance desejado para a nascente ciência moderna: uma área do saber estruturada pela forte descrição.

Uma vez diante dos problemas afrontados pela ciência de sua época, Bacon propõe, diante dos fatos mostrados, uma nova classificação: as ciências deveriam ser divididas pelas faculdades da razão, da memória e da imaginação, às quais

¹³ A descrição a respeito dos Ídolos ocorre no livro I nos aforismos XXXVIII, XXXIX, XLI, XLII, XLIII et XLIV.

¹⁴ "Nosso modo de operar é tão fácil e árduo de aplicar quanto de explaná-lo: estabelecer-se-á em etapas progressivas da certeza, determinando o poder dos sentidos, contudo rejeitando os que estes seguem de perto geralmente, para usufruir um novo e correto caminho da mente, pois o resto provém das percepções sensíveis em si". (tradução nossa) Nota-se que, ao contrário da versão utilizada em língua inglesa, usou-se aqui "modo de operar" no lugar de método; haja vista a versão original latina não mencionar este termo. Eis a seguinte frase na língua de Cícero: "Nostra autem ratio, ut opere ardua, ita dictu facilis est".

assinalam respectivamente a filosofia, a história e a poesia, de modo lato (BACON, [200-], BII).

Com nitidez, essa separação feita por Bacon de Verulâmio é a mais profunda realizada desde Aristóteles, o que a torna impossível de abreviar em poucos parágrafos. Cabe separar, todavia, a função da física e da matemática: esta como estudo das causas finais e formais, aquela como estudo das causas materiais e eficientes. Ademais, o substantivo ciência deveria ser concedido àquelas que alcançassem o modo descritivo e seguro de operar, estabelecido pelo "Novum Organum".

Ao mesmo tempo, no despontante período moderno, nem tudo discorria conforme a filosofia descritiva; o poder da demonstração sobre as ciências ainda era notável: por um lado a lógica era o caráter necessário, por outro a matemática continuava sendo a jóia platônica. Quanto à matemática, Sócrates divulga para Glauco: "[a matemática] é mil vezes mais preciosa que a dos olhos do corpo, portanto é só por ele [ela] que se percebe a verdade" (PLATÃO, 1965, 527e). Com isso entende-se que, se havia um conhecimento das verdades necessárias e perfeitas por natureza, independentemente das alegações dos sentidos e fornecidas pelas experiências sensoriais, tal era a matemática para os antigos.

Essa compreensão não enfraquecera totalmente, e outros entusiastas da época de Bacon defenderam-na. Ela se encontra fortemente estruturada em um dos braços paradigmáticos da ciência moderna, aquele fundado "[...] por Galileu, que via a natureza como um livro, encontrando nela um léxico matemático, e teorizado por Descartes ao falar de *mathesis universalis*, uma ciência geral relativa à ordem e à medida" (CORNELLI; COELHO, 2007, p. 419).

Não há dúvida de que os grandes apreciadores da certeza e das evidências proporcionadas pela matemática, nesse período, encontram-se no racionalismo, sendo Descartes e Espinosa os maiores ícones. Aquele:

[...] certo de que existia um acordo fundamental entre as leis matemáticas e as leis da natureza, conclui que a ele cabe a tarefa de reviver e atualizar o antigo ideal pitagórico de desvelar a teia numérica que constitui a alma do mundo, abrindo a via para o conhecimento claro e seguro de todas as coisas. (PESSANHA, 1999, p. 14).

Não obstante a sua idolatria da matemática, o filósofo francês, que procurava dar à filosofia a exatidão existente na geometria e na aritmética, nunca realizou seu imaginário em suas obras. Espinosa, por sua vez, impressionado com o resplandecente terreno alcançado pela ciência de Copérnico, Kepler e Galileu, escreve uma "Ética"

demonstrada ao modo dos geômetras. Nos termos de Will Durant (1996, p. 171), "a mais preciosa produção moderna é disposta em forma geométrica". Esse ideal matemático para as ditas ciências modernas persistiria e sobreviveria, refletindo-se em Kant.

Voltando-se novamente a atenção ao substantivo ciência, Hobbes aparece como um nome importante para o período discutido nos últimos parágrafos. "Dando continuidade ao pensamento de Bacon, Hobbes realizou seu próprio projeto filosófico em obras que manifestam um encadeamento lógico-dedutivo, definido previamente os termos dos quais se serviu." (MONTEIRO, 1999, p. 9). Com esse posicionamento, ele distingue as ciências ou os saberes em duas correntes: as da razão (as científicas e filosóficas) e as dos feitos ou históricas e empíricas.

Uma chuva de outras categorizações lança seus alicerces no período de Hobbes, as quais estão longe do alcance possível deste trabalho, quer em tempo, quer em páginas. É importante, entretanto, que se diga que o autor de "Leviatã" foi um dos filósofos a terem uma posição polêmica contra os seguidores de Descartes. Visivelmente, existiam duas correntes expressivas nesse período, as quais, no mais das vezes, só possuíam em comum a crítica ao pensamento medieval. De um lado, os adeptos da descrição nas ciências; do outro, certos pensadores que ainda insistiam no caráter demonstrativo: aqueles, os empiristas, cuja grande fonte vivia no "Novum Organum"; os últimos, os racionalistas, que, quase em total sintonia, seguiam o cartesianismo de Descartes.

Essa rejeição das tradições filosóficas era também o início de uma mudança na postura intelectual européia, que futuramente será chamada de Iluminismo. As explicações racionais para todas as coisas tocavam a alma dos pensadores da época, e os estudos acerca da natureza não viajavam em outras direções.

Nesse contexto de descobertas e de grandezas intelectuais, um livro mudaria o caminho definido pelo substantivo ciência. O "Philosophiae Naturalis Principia Mathematica", de acordo com Lacey (2000, p. 5), sintetiza, íntima e completamente, "as duas correntes metodológicas da ciência moderna – a matematização e a experiência – unindo e superando o empirismo de Bacon e o racionalismo de Descartes". Finalmente, o sonho de "matematizar" a filosofia natural havia sido realizada.

A física de Newton passaria a ser o maior exemplo de ciência. Kant abrirá o pensamento contemporâneo tomando a física de Newton e a matemática a própria ciência.

A matemática e a física são os dois conhecimentos teóricos da razão que devem determinar *a priori* o seu objeto, a primeira de uma maneira totalmente pura e a segunda, pelo menos, parcialmente pura, mas também por imperativo de outras formas de conhecimento que não as da razão. (KANT, 2001, BX/BXI).

Para Kant, a matemática, bem como física de Newton, havia conseguido trilhar (ou encontrar) o caminho seguro de uma ciência. Impressionado com os múltiplos sucessos das descobertas impulsionadas pela ciência de Newton, o filósofo de Königsberg pretendia trilhar o mesmo caminho com sua metafísica.

O conceito moderno de ciência estava praticamente estruturado. O método experimental defendido por Newton "[...] contribuiu para instalar a experimentação como o método característico da ciência moderna" (COHEN; WESTFALL, 2002, p. 187). Quanto à matemática estruturada por Newton, ela serviu como trampolim para as formulações das leis universais da física. O antigo tatear dos filósofos da natureza estava se transformando em um rigoroso caminho.

A ciência de Newton ainda é fruto de muitos estudos, quer no campo epistemológico, quer no campo da história das ciências. Essa talvez seja uma das grandes justificativas da escolha desse período como objeto de análise e estudo na seção terceira deste trabalho. Newton não foi propriamente um conceituador do substantivo ciências – mesmo levando-se em conta certas notas do livro "Óptica" –, mas suas contribuições para a filosofia natural se tornariam nos séculos seguintes o próprio sinônimo de ciência. As chamadas "Revoluções Newtonianas" haviam dado à filosofia natural um sistema definitivamente mais bem estruturado do que as ciências ontológicas de Aristóteles.

Com a maturidade alcançada pela contemporânea epistemologia, sabe-se que o caráter demonstrativo das ciências não é suficiente para se estabelecer um estatuto das verdades científicas: outros tantos saberes também procuram adquirir o poder da demonstração para justificar sua "cientificidade".

Quanto ao poder comprovado da experimentação – e posto em prática por Newton –, ele persistiria. A física newtoniana, todavia, começaria a sofrer grandes ataques em meados do século XIX. Quer isso dizer que o surgimento de outra filosofia colocou em xeque a considerada ciência até então.

O positivismo de Auguste Comte (1798-1857) surge como uma das mais marcantes correntes filosóficas, influenciando significativamente o pensamento científico na segunda metade do século XIX. Para os seus seguidores, não há outro conhecimento admissível, senão o conhecimento dito científico. Dessa forma, os outros saberes que não fossem filiados ao método positivo das ciências não eram conhecimentos possíveis.

Esse posicionamento dava ao método das ciências o único *status quo* de validade em relação aos outros saberes; forçosamente até os estudos sociais deveriam se curvar a esse método.

Vemos, pelo que precede, que o caráter fundamental da filosofia positiva é tomar todos os fenômenos como sujeitos a leis naturais invariáveis, cuja descoberta precisa e cuja redução ao menor número possível constituem o objetivo de todos os nossos esforços, considerando como absolutamente inacessível e vazia de sentido para nós a investigação das chamadas causas, sejam primeiras, sejam finais. É inútil insistir muito sobre um princípio, hoje tão familiar a todos aqueles que fizeram um estudo um pouco aprofundado das ciências de observação. Cada um sabe que, em nossas explicações positivas, até mesmo as mais perfeitas, não temos de modo algum a pretensão de expor as causas geradoras dos fenômenos, posto que nada mais fariamos então além de recuar a dificuldade. Pretendemos somente analisar com exatidão as circunstâncias de sua produção e vinculá-las umas às outras, mediante relações normais de sucessão e de similitude. (COMTE, 2000, I, 2).

"O estado positivo caracteriza-se, segundo Comte, pela subordinação da imaginação e da argumentação à observação." (GIANNOTTI, 2000, p. 9) O positivismo procurava garantir a continuidade ordenativa, descritiva e operacional existente em Bacon. Naturalmente, havia ressalvas, mas a essência operativa baconiana continuava viva em Comte.

[...] No estado positivo, o espírito humano, reconhecendo a impossibilidade de obter noções absolutas, renuncia a procurar a origem e o destino do universo, a conhecer as causas íntimas dos fenômenos, para preocupar-se unicamente em descobrir, graças ao uso bem combinado do raciocínio e da observação, suas leis efetivas, a saber, suas relações invariáveis de sucessão e de similitude. A explicação dos fatos, reduzida então a seus termos reais, se resume de agora em diante na ligação estabelecida entre os diversos fenômenos particulares e alguns fatos gerais, cujo número o progresso da ciência tende cada vez mais a diminuir. (COMTE, 2000, II, 2).

O método da ciência é o positivo puro e simples. Com isso, conforme elucida Giannotti (2000, p. 10), "a visão positiva dos fatos abandona a consideração das causas dos fenômenos (procedimento teológico ou metafísico) e torna-se pesquisa de suas leis, entendidos como relações constantes entre fenômenos observáveis". Por contraponto, a física newtoniana, modelo rigoroso de ciência, recebia uma crítica em suas bases estruturais e conceituais.

A física de Newton, como poucos imaginam, possui suas bases apoiadas em três pilares metafísicos¹⁵, os quais são o conceito de isomorfismo, que é a coexistência e a validade das leis físicas em qualquer lugar do espaço, e os conceitos de espaço e de tempo absolutos. Esses últimos eram para Newton entidades reais e absolutas que existem involuntariamente a todo o seu conteúdo.

Mesmo com consideráveis críticas por parte de Leibniz e Berkeley, as concepções de espaço e de tempo absolutos de Newton só encontrariam fortes opositores no século XIX com os positivistas. Entre eles está principalmente o filósofo e físico austríaco Ernst Mach (1838-1916), que defendeu uma compreensão de que nenhuma conjectura das ciências naturais poderia ser admissível se não fosse possível verificá-las empiricamente.

Retornando a Comte, encontra-se em sua filosofia uma classificação das ciências quanto à sua positividade, distinguindo as ciências naturais em dois graus: as primeiras seriam as abstratas ou gerais e as segundas as concretas, particulares, restritivas. Aquelas teriam por objeto a descoberta das leis que regem as mais variadas classes de fenômenos, e essas muitas vezes designadas pelo apelido de ciências naturais propriamente ditas, as quais consistem na aplicação dessas leis à história (COMTE, 2002, II, II, §6).

Um novo caminho, com seus respectivos irmãos¹⁶, estava nascendo para o traço definidor do adjetivo científico. Entre as várias possibilidades demarcatórias, cabe dar destaque para uma: a de Ernst Mach. Ele firmaria e abriria as portas de uma das posturas mais rígidas do positivismo, que futuramente se chamará positivismo lógico.

De maneira simples, Bastos e Candiotto (2008, p. 27) esclarecem a filosofia de Mach por meio de dois pontos básicos:

¹⁵ Metafísica é um termo de rica categorização em filosofia, devendo sua origem à organização das obras de Aristóteles por Andrônico de Rodes, para designar aqueles "estudos depois da física" (*tà metà tà physiká*), no primeiro século depois de Cristo. Independentemente da organização prática e puramente classificadora de Andrônico, a metafísica passou a designar os estudos de Aristóteles que não diziam respeito à física. No período medieval, esse termo passou a designar com a escolástica um sentido mais profundo, ou seja, a ciência daquilo que está para além do mundo natural.

¹⁶ Como Comte, Spencer (1820-1903) igualmente foi um nome importante na conceituação das ciências positivas. Ele se debruçou sobre essa distinção utilizando princípios próximos dos de Comte, para distinguir as ciências naturais, dando à física e à química a conceituação de ciências abstrato-concretas.

- a) "Cada ciência particular possui linguagem técnica específica. As linguagens técnicas não podem, sem risco de inconveniente e de equívocos, ser transferidas de uma disciplina para a outra";
- b) "As sentenças metafísicas que figuram nas várias disciplinas, implícita ou explicitamente, devem ser eliminadas. Além de serem inúteis, perturbam a economia das ciências".

Sustentado por tal conjectura, para Mach, as ciências se dividiam da seguinte maneira: "a física é definida como a ciência dos fenômenos que ocorrem na matéria; a biologia, como a ciência da vida; a psicologia como a disciplina da alma" (BASTOS; CANDIOTTO, 2008, p. 27).

Após a massiva análise do percurso do substantivo ciência, bem como decorrida, em termos gerais, a base e a orientação do pensamento positivista, chega-se a Karl Popper (1902-1994). Ele foi o primeiro filósofo a empregar o vocábulo demarcação como uma linha fronteira, separando os enunciados que pudessem ser considerados como pertencentes à ciência empírica dos enunciados chamados de pseudocientíficos, ainda distinguindo estes dos enunciados próprios da lógica e da matemática puras (POPPER, 1991, p. 311/312).

O filósofo austro-inglês também chamava essa linha divisória, o problema da demarcação, como o problema de Kant, aludindo à "Crítica da Razão Pura", na qual o escocês de Königsberg procurou apontar os alcances das categorias do entendimento, ou seja, os modos pelos quais se manifesta a atividade do intelecto. Dentro desses alcances, têm-se "as ciências da natureza, e para além" de tais limites "se encontra a metafísica dos filósofos tradicionais, desde Aristóteles" (DUTRA, 2003, p. 25).

A filosofia popperiana faria parte de uma nova possibilidade de compreender a estruturação demarcatória das ciências, a qual era fortemente baseada na capacidade de correção das teorias científicas, de noções e conceitos a partir dos avanços científicos. Esse novo intento demarcatório compreendia, ainda, a condição de correção das ciências como a maior garantia de sua validade.

É nesse contexto que a filosofia de Popper, para alguns, "[...] destruiu a filosofia do indutivismo, que dominou a ciência por centenas de anos" (WÄCHTERSCHÄUSER, 1997, p. 211). Com nitidez, Popper se posiciona em relação ao problema da indução. Em conformidade com Wächtershäuser (1997, p. 212), o intento indutivista "[...] acreditava que a ciência se move dos particulares para o

geral e que a verdade dos dados particulares é transmitida para a teoria geral". Basicamente, Popper se manifestou de modo contrário, defendendo que a "ciência se move do geral aos particulares, e destes novamente para o geral" (WÄCHTERSCHÄUSER, 1997, p. 213).

Com a intenção de simplificar o entendimento, segue-se o pensamento de Dutra (2003, p. 71): "Popper argumenta que o que distingue sistemas empíricos ou científicos de sistemas¹⁷ não-científicos [...] é a possibilidade de aplicar aos primeiros um método dedutivo de teste, baseado em uma forma lógica clássica: o *modus tollens*¹⁸". Por outro lado, o método indutivista não aceita que a verdade das premissas garanta "a verdade da conclusão, nas formas inferenciais dedutivas"; pois "todas as vezes que forem verdadeiras ambas as premissas, a conclusão será também verdadeira¹⁹". Dessa forma, esse formalismo lógico, estruturado pelo *modus tollens*, consegue falsear hipóteses: "podemos mostrar que uma hipótese é falsa se mostrarmos que uma de suas conseqüências é falsa".

Como Popper afirma que são científicos ou empíricos os sistemas de teorias aos quais podemos aplicar tal método dedutivo de teste (o método de falseamento pelo *modus tollens*), a falseabilidade de um sistema é eleita como critério de demarcação entre ciência e não-ciência. (DUTRA, 2003, p. 72).

Nosso método de pesquisa não se orienta no sentido de defendê-las [as antecipações] para provar que tínhamos razão. Pelo contrário, procuramos contestar essas antecipações. Recorrendo a todos os meios lógicos, matemáticos e técnicos de que dispomos, procuramos demonstrar que nossas antecipações são falsas – a fim de colocar, no lugar delas, novas antecipações injustificadas e injustificáveis, "novos preconceitos temerários e prematuros", como Bacon pejorativamente as denominou. (POPPER, 2001, p. 306).

De certa forma, o racionalismo crítico de Popper estruturava um novo caminho para o substantivo ciência, longe de seu cunho até então.

¹⁷ Segundo Caygill (2000, p. 295), "Kant descreve a unidade sistemática como 'o que eleva o conhecimento vulgar à categoria de ciência' ou o que 'transforma um simples agregado de conhecimento em sistema'". Essa distinção pode ser encontrada em Kant (2001, A832/B860).

¹⁸ "**Regra modus tollens** – permite, a partir das **premissas** $p \rightarrow q$ (condicional) e $\sim q$ (negação do conseqüente), **deduzir** como **conclusão** $\sim p$ (negação do antecedente)" (ALENCAR-FILHO, 1986, p. 94, grifos do autor).

¹⁹ "A tabela-de-verdade abaixo, tal como encontramos nos livros de lógica elementar, mostra o que acabamos de dizer, isto é, que o *modus tollens* é válido:

T c	$T \rightarrow c$	$\sim c$	$\sim T$
V V	V	F	F
V F	F	V	F
F V	V	F	V
F F	V	V	V

Apenas na última linha ambas as premissas são verdadeiras e, nesta linha, a conclusão também é verdadeira (DUTRA, 2003, p. 72)".

O velho ideal científico de episteme – do conhecimento absolutamente certo, demonstrável – mostrou não passar de um “ídolo”²⁰. A exigência de objetividade científica torna inevitável que todo enunciado científico permaneça provisório para sempre. Pode ele, é claro, ser corroborado, mas toda corroboração é feita com referência a outros enunciados, por sua vez, provisórios. Apenas em nossas experiências subjetivas de convicção, em nossa fé subjetiva, podemos estar “absolutamente certos”. (POPPER, 2001, p. 308)

Sem dúvida, a demarcação estabelecida por Popper não foi a última; outras várias surgiram no chamado pós-positivismo: algumas se posicionaram contra a superioridade da ciência, como conhecimento mais bem estabelecido cognitivamente; outras mantendo e defendendo tal superioridade, como é também o caso das análises anteriores.

Naturalmente, não é intuito deste trabalho analisar todas as possibilidades abonadas pelo repleto histórico do substantivo ciência; contudo, a fim de concluir a argumentação sobre a forma adjetiva do substantivo ciência, nota-se o árduo trabalho que é diferenciar o que é científico do não-científico. Por tal razão, uma definição categórica do que é a formação científica dependeria primariamente de uma referência com a história das ciências e com as possibilidades terminológicas do substantivo ciência adotadas em filosofia. Prefere-se, entretanto, optar pelo que há de comum entre as distinções pós-aristotélicas e o que está ao alcance da apreciação deste trabalho; logo, julga-se o adjetivo científico pertencente à física, à biologia, à química e às geociências, bem como às suas respectivas subáreas. Entende-se, com isso, que essa demarcação se torna mais coerente; haja vista que respeita o repertório filosófico, porém não se limita a uma filiação única ou, mais além, a um paradigma atual.

Quanto à omissão dos filósofos pós-positivistas, nesta seção, deve-se ao fato de eles serem alvo da próxima seção nas distinções das opiniões problemáticas do fazer científico, porque suas posturas muitas vezes servem de alicerce para estas.

Dessa forma, a formação científica é compreendida como a constituição profissional dos sujeitos pertencentes à futura população esotérica das ciências, estas como física, química, biologia e geociências. Com nitidez, é essa formação possibilitada por outra, a de professores de ciências.

²⁰ Ver nota 11 desta seção.

3 DAS OPINIÕES PROBLEMÁTICAS: O RESULTADO DA FORMAÇÃO CIENTÍFICA

A índole natural da ciência é a longanimidade.

(“O Alienista”, Machado de Assis)

3.1 INTRODUÇÃO ACERCA DO RESULTADO DA FORMAÇÃO CIENTÍFICA

Espera-se muito da formação científica, principalmente em uma época marcada pela ciência e pela tecnologia. O ensino de ciências tem procurado dar conta das recentes expectativas; contudo, sua tarefa se mostra cada vez mais complexa, sendo um reflexo do aprofundamento das pesquisas em educação nas ciências realizadas nas últimas décadas. A antiga preocupação com o "aprender a matéria e os conteúdos" deixou de ser única.

Os resultados divulgados pelas pesquisas no ensino de ciência acentuam a existência de dificuldades no aprendizado em todos os níveis; esses obstáculos têm mostrado uma ligação com múltiplos fatores, como psicopedagógicos, históricos, epistemológicos etc. Em consequência da complexidade dos resultados, a pesquisa em educação nas ciências se transformou em uma atividade multi e interdisciplinar. Tem-se, por exemplo, o caso relativo à formação de futuros professores de ciências, na qual é consenso admitir que a obtenção dos conteúdos propagados pelos manuais, bem como de práticas (supostamente) didáticas, não há de ser a referência exclusiva para um ensino proveitoso (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 1993; DUMAS-CARRÉ et al., 1990; FURIÓ-MAS; GIL-PÉREZ, 1989).

O ensino proveitoso deve ser compreendido, nesse caso, como aquele que possui seus fundamentos ancorados em um dado paradigma assumido na educação e, por essa razão, é entendido também como adequado. Os modelos epistemológico-educacionais mais bem-aceitos atualmente são os originados no construtivismo em suas correntes (SANDOVAL et al., 1995). Do mesmo modo, compreende-se por adequado o ensino que, em geral, contemple "[...] não somente o saber científico, mas também o conhecimento sobre as finalidades da ciência, seus métodos, sua

relação com a sociedade e a tecnologia, a característica do conhecimento científico e sua construção." (THOMAZ, 1996, p. 315, tradução nossa).

O ensino de ciências reflete a formação científica, e esta a falta de compreensão histórica e epistemológica das ciências; os responsáveis pela formação científica fazem parte desse círculo vicioso: é inevitável que a propagação de concepções pouco críticas sobre a estrutura e a construção do conhecimento científico esteja ligada a uma formação que não privilegie reflexões a respeito das características das ciências. Ignorando-se as múltiplas peculiaridades a propósito do desenvolvimento histórico e epistemológico das ciências, os professores e as epistemologias implícitas dos currículos são os principais transmissores de concepções problemáticas quanto às características do fazer e do conhecimento científico (HODSON, 1988).

O conhecimento desenvolvido pelos cientistas e o propagado pelos professores de ciências, por certo, não são os mesmos. O equivalente se aplica inclusive ao conteúdo aprendido pelos alunos²¹. Independentemente de as perdas serem ou não inevitáveis, é importante para os responsáveis pela formação científica estarem conscientes da existência implícita ou explícita delas.

Ter uma formação científica avançada não significa uma isenção desses problemas, uma vez que "investigadores qualificados mantêm concepções inadequadas sobre a ciência e o conhecimento científico". (CAMPANARIO, 1999). Em vista disso, consoante com Campanario (1999), não é raro encontrar professores de ciência com formação deficiente, sobretudo referindo-se às características históricas, sociológicas e epistemológicas das ciências (GUSTAFSON; ROWELL, 1995; PRAIA; CACHAPUZ, 1994; SANDOVAL et al., 1995; THOMAZ, 1996).

Gil-Pérez (1986) aconselha sobre a necessidade de os docentes possuírem uma concepção mais adequada sobre as características do conhecimento e do fazer científico, a fim de que possam ser combatidas as estratégias educativas errôneas geradas por elas. Caso contrário, resultados decepcionantes continuarão a existir no que concerne a propostas inovadoras; não basta uma nova formulação didática, é

²¹ Sobre esse assunto versou Chevallard (1997), claramente seu alvo era a matemática; contudo, cada vez mais outras disciplinas têm feito uso de suas categorias. Em certa medida, pode-se usar, de modo geral, o conceito de transposição para compreender as "perdas" do saber sábio ao saber ensinado, visto que é nesse percurso que as características sociais, históricas e epistemológicas da ciência são deixadas para trás.

preciso uma formação científica adequada e uma abordagem satisfatória em relação às características epistemológicas e históricas da ciência.

O afastamento das peculiaridades sociológicas, ao mesmo tempo, é uma qualidade distintiva e marcante da educação em ciências. Segundo Fernandez e Escandell (1986), os professores de ciência comumente se desviam das responsabilidades desse problema, pois renunciam ao seu papel de educadores, deixando-o ao cargo de outras disciplinas, como as humanidades em geral. É natural que isso aconteça, porque tais profissionais durante sua formação científica assimilaram, entre outras coisas, o imperativo da suposta postura neutral da ciência.

Os recém-ingressos em cursos de formação científica possuem idiosincrasias, assim como as mais variadas concepções sobre a ciência, trazidas em sua maioria de outros níveis de ensino; todavia, quando se fala em uma formação científica adequada, espera-se uma mudança nesses aspectos. No ensino superior, muitos professores se dividem entre tarefas da docência e da pesquisa, podendo servir de exemplo contra as concepções dos alunos a respeito de seus imaginários de cientistas; não é isso, pois, o percebido.

No que se refere, por exemplo, a suas concepções sobre pesquisadores (cientistas), os graduandos tendem a desconectar temporalmente os seus professores-pesquisadores dos cientistas de outrora ou de outras pesquisas (MENGASCINI et al., 2004). De acordo com Mengascini et al. (2004) – que realizaram uma intensa pesquisa sobre as concepções de ciências de graduando novatos e avançados –, a desconexão apresentada possui uma parte construída no imaginário do próprio aluno, contemplando sua falta de conhecimento direta; mesmo que os estudantes vejam os cientistas (professores-pesquisadores) diariamente, eles não participam de forma ativa do contexto da pesquisa científica.

Percebem-se, por parte de universitários das áreas científicas, duas outras particularidades, além do afastamento temporal do cientista de hoje e o de outrora: ou o cientista aparece humanizado (MENGASCINI et al., 2004) ou mostra-se completamente neutro a essa característica (MANASSERO; VÁZQUES, 2001); acima de tudo, o cientista sempre detém qualidades positivas, embora apresente atributos excêntricos e, certas vezes, seja apontado como “louco”. Seguindo-se o mesmo caminho, outras posturas ingênuas também fazem parte do imaginário dos alunos; pois o cientista é visto, muitas vezes, como um sujeito isolado: alguém protegido em uma torre de marfim, resguardado não somente da comunidade

científica, da qual é parte integrante, mas inclusivamente do financiamento e da política científica (MENGASCINI, 2004).

Quando os graduandos possuem um maior contato com professores-pesquisadores de áreas interdisciplinares (como o ensino de ciências, por exemplo), eles ainda encontram sérios obstáculos; a ocorrência de ingenuidades epistemológicas de alguns pesquisadores é um exemplo. Petrucci et al. (2001, p. 218) menciona as confusões realizadas na própria pesquisa em ensino de ciências quanto à inoportuna definição ou utilização de correntes epistemológicas, como empiristas, positivistas, kuhnianos etc. Do mesmo modo, lembra o autor que "é comum ver em estudos desse tipo referências ao indutivismo ingênuo, ao empirismo e ao positivismo como se tratando de uma mesma coisa". Essa situação é similar à "intenção de se realizar analogias entre a evolução das teorias das crianças e a evolução histórica de uma disciplina"; há abuso nas aproximações da epistemologia e da história das ciências com certas correntes construtivistas. Um exemplo clássico pode ser percebido no estudo de concepções alternativas que tentam realizar conexões entre a física aristotélica e as concepções de movimento de crianças. Tais aproximações e comparações podem ser feitas apenas por quem pouco conhece a complexidade e o rigor das ciências teóricas aristotélicas, bem como não conhece as teorias cognitivas de crianças, desenvolvidas pelo construtivismo sério.

Da mesma maneira que pesquisadores de áreas interdisciplinares podem demonstrar ingenuidade no que concerne a categorias epistemológicas, não poderia ser diferente com futuros professores e cientistas. Eles, quando submetidos a algum tipo de questionamento, mostram dificuldades, imprecisões e confusões expressivas ao empregar termos como comprovação, validação lógica, demonstração, metodologia, método, técnica e tantos outros vocábulos rotineiros de sua futura profissão (MENGASCINI, 2004). Em suas respostas, os universitários apresentam pouco ou nenhuma capacidade argumentativa.

É importante o realce para o fato de que não são esses vocábulos exclusivos de filósofos ou de educadores, mas são categorias muitas vezes empregadas no dia-a-dia da produção científica. Pensa-se, do mesmo modo, no advogado que não saiba distinguir justiça de direito; pensa-se, então, no cientista que não saiba diferenciar metodologia de método ou, ainda, demonstração de experimentação. Conforme Paruelo (2003, p. 330), a falta de uma correta análise epistemológica conduz a "circularidades ou contradições gerando confusão nos alunos", bem como

causam "barreiras que podem conduzir a uma má compreensão da metodologia da ciência". Além disso, podem ocorrer "o ensino de teorias diferentes das desenvolvidas pelos cientistas, sem que se logre a mencionada convergência".

A ingenuidade apresentada em relação a categorias epistemológicas não difere, em muito, do entendimento das finalidades da ciência. Como evidenciado por Petrucci et al. (2001) – em sua vasta bibliografia e coleta de dados acerca da concepção de estudantes universitários –, não deixa de ser comum a compreensão humanitária a respeito das finalidades da ciência. Nesse sentido, são sempre destacados os objetivos da ciência com a melhora da qualidade de vida, contribuindo com o apreço pela vida e o despertar da consciência para um mundo melhor. Igualmente, apresenta-se o intento de aumento do conhecimento (por parte da ciência) ligado à acumulação de saberes e ao papel da descoberta, a fim de se conhecer a realidade de modo profundo, buscando-se a verdade e descobrindo-se leis. Outro pensamento comum sobre os objetivos da ciência é a intenção de proferirem-se respostas, ou seja, criar respostas e soluções para os problemas da sociedade: dar esclarecimentos sobre fenômenos naturais, saciar a curiosidade humana, postular teorias, mostrar resultados de um problema... Não muito longe desse caminho, encontra-se o propósito de se fazer ciência muito próximo dos desígnios da explicação: dar esclarecimentos lógicos, compreender e explicar a natureza, dizer os porquês da origem de tudo – destacando o motivo dos fatos, dos processos e fenômenos –, a fim de se compreender o Universo.

Entre as finalidades apresentadas para a ciência, reportam-se também os alunos ao acúmulo de conhecimento, quando inquiridos sobre a substituição (câmbio) de teorias. As respostas, todavia, mostram-se incompletas, vagas ou demasiadamente genéricas, havendo uma forte alusão tanto ao progresso contínuo da ciência quanto à menção de refutação ou de contradição entre teorias (PETRUCCI et al., 2001).

Alerta-se para o emprego de categorias epistemológicas, como progresso contínuo, refutação, contradição e outras da mesma espécie, por parte dos alunos; seus usos não dizem respeito especificamente a filiações ou a explicações epistemológicas, haja vista as vagas e pouco pertinentes respostas, demonstrando a utilização comum dos termos. Quando falam em explicação, não se referem às teorias da explicação; eles acreditam, por exemplo, que as teorias científicas oferecem à humanidade um retrato exato do mundo. Segundo Mengascini et al.

(2004), as concepções de ciência, do conhecimento científico e dos próprios cientistas presentes no imaginário dos alunos são complexas, dinâmicas e parecem se filiar em diversas fontes. Para Petrucci et al. (2001), o resultado encontrado, em seus estudos, indica uma possível aproximação entre o ideal de ciência nas respostas dos alunos e as concepções científicas do início do século XX – nas quais as compreensões epistêmicas e humanísticas da ciência eram mais claramente aceitas –; os mesmos autores igualmente destacam a noção que lhes parece mais grave: aquela em que os fundamentos das ciência são apontados como triviais e imutáveis.

Com clareza, sabe-se que os problemas no ensino de ciência não se resumem a categorias filosóficas usadas erroneamente; entretanto, essa pequena exposição inicial seria suficiente para justificar a importância da epistemologia, da sociologia e da história das ciências na formação científica. Mengascini et al. (2004, p. 65) referem-se a pouca atenção dada ao problema, uma vez que os "planos de estudo não incluem espaços curriculares específicos relacionados com epistemologia". Em conformidade com Paruelo (2003, p. 333), quando se fala no caso de futuros docentes das áreas científicas, pode-se justificar a necessidade de uma formação epistemológica mais aprofundada baseando-se em dois pontos:

[primeiramente] poder sustentar, com seus alunos, discussões com uma razoável profundidade em certos temas; [e, além disso,] poder analisar as pressuposições que se está assumindo em sala de aula ou textos utilizados, quando ensina alguma teoria e também os pressupostos epistemológicos dos currículos escolares.

Ao se falar da formação de um futuro cientista, o mesmo não seria muito diferente; porque seria confiante demais pensar que eles estão sempre conscientes dos termos epistemológicos utilizados no cotidiano da produção científica; do mesmo modo, seria ingênuo acreditar que possuem consciência da importância da epistemológica e da história da ciência para sua formação.

Perece inevitável a incidência dessas concepções de ciência e do fazer científico sobre os outros níveis de ensino, haja vista a propagação acrítica delas na própria formação científica. Gera-se um círculo extremamente vicioso: formam-se professores com concepções problemáticas sobre o fazer científico, repete-se os mesmos problemas em outros níveis de ensino; formam-se cientistas com concepções epistemologicamente ingênuas a respeito da ciência e da história das ciências, divulgam-se (por todos os meios) características quase figuradas sobre

elas. Por conseqüência, em qualquer nível escolar, encontram-se tais problemas; não é de se espantar, dado que os próprios professores (grandes responsáveis pela divulgação da ciência) possuem um imaginário repleto de concepções problemáticas a respeito das principais características científicas.

3.2 AS CONCEPÇÕES

Começa-se a apresentar as concepções, em sua maioria, conseqüentes a exposições acríicas acerca das características epistemológicas, históricas e sociais das ciências nos vários níveis de ensino. Uma das concepções mais comumente encontradas é aquela que divulga um ideário neutro das ciências, contrário a quase todos os aspectos sociais. A exemplo de Fernandez e Escandell (1986), sabe-se que a concepção neutral do fazer científico é, muitas vezes, produto da crença em um desenvolvimento metodológico oriundo de esquemas formais, os quais parecem alheios, em si mesmos, à pretendida lógica de seu desenvolvimento interno.

Como se pode conferir na próxima seção, a propagação de características neutras da ciência remonta ao nascimento da ciência moderna, uma vez que os seguidores de Bacon e outros divulgaram o afastamento temporal e axiológico das chamadas ciências empíricas. Existe nesse ponto um consenso entre estudiosos da educação em ciências: a importância da história da ciência para a quebra da concepção neutral do fazer científico. Para historiadores da ciência, tem-se a clara noção de que "a ciência moderna nasce como conseqüência de trocas em nível econômico, político e social, aos quais também contribui". (FERNANDEZ, ESCANDELL, 1986, p. 165). Claramente outros aspectos de cunho inteiramente racionalista (no sentido lato da palavra) influenciaram seu desenvolvimento, entretanto, não se pode negar o fator social, político e econômico da época – mesmo para se compreender minimamente a estrutura interna e externa da nascente ciência de Bacon, Descartes, Galileu e outros.

Para Fernandez e Escandell (1986), estudar e conhecer o passado e a história das ciências oferece um julgamento mais claro sobre esses aspectos, sejam sociais, sejam epistemológicos; porque permite ver em que momento nasceu – que fatores influenciaram ou determinaram – uma dada teoria ou ciência, bem como

ajuda a compreender os valores que estavam em jogo. De acordo com os mesmos autores:

[compreender] o presente da ciência e sua relação com o passado permite utilizá-la [a ciência] para a resolução de problemas. Mesmo que não sejam problemas explicitamente científicos – senão problemas ambientais –, pois se tem o objetivo de que o aluno tome consciência da complexidade inerente à adoção de decisões e dos inumeráveis fatores que intervêm nela. [Desse modo,] o futuro da ciência aparece como a referência, guiada por determinados valores, permitindo a configuração de um meio. (FERNANDEZ; ESCANDELL, 1986, p. 165).

Esquecendo-se da importância da história das ciências, parece normal as características sociais das ciências serem deixadas de lado; por consequência, também se desproõem dos estudos científicos da sociologia do conhecimento. Deixa-se para trás todas as complexas afinidades entre a ciência, a tecnologia e a sociedade – as relações CTS²² –, "proporciona-se [de tal modo] uma imagem deformada dos cientistas como seres "acima do bem e do mal" [grifo dos autores], fechados em torres de marfim e alheios à necessidade de fazer opções" (GIL-PÉREZ et al., 2001, p. 133).

As separações (bem como as descontextualizações) sociais da ciência não deixam de ser infreqüentes no meio universitário (FERNÁNDEZ et al., 2002; MENGASCINI et al., 2004; THOMAZ et al., 1996). Essa situação pode ser apontada, entre outras coisas, como produto do imaginário de muitos professores, pois, de acordo com Thomaz et al. (1996), eles vêm a ciência desligada de sua aplicação e função social; ao mesmo tempo, seguindo-se os dados obtidos pelos mesmos autores, alguns professores ligam a ciência apenas à sua aplicação social. Naturalmente não parece aceitável que os responsáveis pela formação científica compartilhem dessas posturas (tão simplistas) acerca da organização e das características sociais das ciências. Por conseguinte, os universitários de carreiras científicas não poderiam ter concepções muito diferentes; segundo Megascini et al. (2004, p. 73), os estudantes examinados discorrem sobre os "termos progresso e desenvolvimento" somente a fim de associá-los "à ciência para descrever sua dinâmica interna", não havendo relação com a sociedade em geral.

Em conformidade com Campanario (1999, p. 403), sabe-se que, muito próximo das descontextualizações sociais, "a ciência [também] pode se apresentar

²² "A expressão 'ciência, tecnologia e sociedade' (CTS) procura definir um campo de trabalho acadêmico cujo objeto de estudo está constituído pelos aspectos sociais da ciência e da tecnologia, tanto no que concerne aos fatores sociais que influem na mudança científico-tecnológica, como no que diz respeito às conseqüências sociais e ambientais." (GORDILLO et al., 2005, p. 119).

ao público como uma atividade imaculada em que homens esforçados lutam incansavelmente para alcançar a verdade". Nesse mesmo caminho, o fazer ciência é muitas vezes compreendido como acima do bem e do mal; a ciência não é nem boa nem má: uma atividade humana completamente neutra e afastada social e temporalmente de outras. O alento para se desvendar os mistérios da natureza de forma neutra e desinteressada, buscando apenas auxiliar a humanidade, faz parte unicamente do imaginário popular e das concepções tradicionais de ciência, pois como se sabe a realidade é muito diferente.

Se professores de ciência e jovens universitários possuem tais concepções sobre as peculiares sociais das ciências, elas também se encontram no próprio meio científico; espera-se dos cientistas, todavia, um maior conhecimento a respeito das limitações e das contextualizações de sua profissão. Felizmente existem muitos cientistas de consciência, mas essa não é uma característica compartilhada por todos, porque os responsáveis pela formação deles têm pouca ou nenhuma noção das implicações e dos envolvimento sociais das ciências.

Cabe agora a exposição de algumas particularidades sociais das ciências, a fim de elas se contraporem ao ideário comum apresentado. De forma clara, sabe-se da complexidade, bem como da riqueza de tal tema, pois mesmo um trabalho que intentasse defender somente esse assunto, ele ainda seria parco e insuficiente. Concentra-se, dessa forma, essa apresentação em algumas características, sendo que outras também serão apresentadas na seção posterior, acerca do contexto de desenvolvimento da física newtoniana.

Uma das peculiaridades comuns da estrutura social das ciências é o seu complexo sistema de comunicação; parece ser lógico (desde os primórdios estruturais da ciência moderna²³) que, "por mais transcendental ou revolucionário que seja um descobrimento", ele "não pode considerar-se definitivo até" deixar o laboratório, "de onde foi produzido, e" ser "exposto ao resto da comunidade acadêmica". Hoje qualquer jovem cientista tem a mínima noção da importância da publicação de artigos em periódicos reconhecidos para divulgar os seus feitos acadêmicos; sabem também que isso é uma parte essencial do trabalho científico. "O trabalho científico é um empenho *coletivo* [grifo do autor] que, em princípio, deve

²³ A próxima seção traz, como exemplo disso, a relação de Newton com a sociedade científica de sua época.

ser e estar aberto à aprovação de outros membros da comunidade científica". (CAMPANARIO, 1999, p. 399, tradução nossa).

Nesse ponto, encontra-se contemporaneamente uma conseqüência curiosa da produção e da divulgação de resultados, os contadores bibliométricos. Independentemente dos seus vários objetivos, os indicadores servem como um marco para a avaliação dos profissionais das áreas científicas. Gera-se muitas vezes uma verdadeira corrida por maiores produções de artigos e por melhores avaliações; naturalmente que uma melhor classificação pode trazer mais investimentos para um dado pesquisador e sua equipe. A corrida pela produção e divulgação em periódicos tornou-se uma característica importante e complexa; a fim de elucidar suas implicações, é exposto um parágrafo interessante da pesquisa de Campanario (1999, p. 399, tradução nossa):

Em 1992, o Instituto para a Informação Científica (Institute for Scientific Information) publicou uma relação dos 20 cientistas mais prolíficos do mundo. O químico russo Yury Struchknov estava no alto da escala com 948 artigos como autor e coautor entre os anos de 1981 e 1990. Isso significa um artigo para cada 3,9 dias. O bioquímico inglês Timothy Peters ocupava o último lugar dos vinte primeiros colocados com um artigo para cada 11,3 dias. Certamente, alguns cientistas parecem escrever artigos mais rapidamente do que a maioria das pessoas possa lê-los.

Como se consegue aumentar o número de publicações sem aumentar o trabalho da investigação? Existem diversas técnicas mais ou menos conhecidas. A mais comum é a conhecida como *publicação salame* [grifo do autor], a qual consiste em dividir cuidadosamente os resultados de um trabalho de investigação na maior quantidade aceitável de "unidades mínimas publicáveis" [grifo do autor]. Estas se distribuem por diversas revistas científicas. Outra técnica consiste em enviar, praticamente os mesmos experimentos e resultados – com algumas modificações ou estudo adicionais irrelevantes –, a várias revistas científicas. Por outra parte, muitos estudos pilotos e provas preliminares que, em rigor, não mereceriam as honras de serem publicadas, são enviadas sem nenhuma vergonha a revistas de menor influência, que sobrevivem publicando esse tipo de trabalho.

Não se pode esquecer também do papel exercido pelo poder público na produção científica. Os laboratórios de produção científica, no último século, passaram a ter portes colossais: aceleradores de partículas com quilômetros e mais quilômetros, gigantescos reatores de fusão nuclear, os complexos laboratórios multidisciplinares das pesquisas biológicas, as dispendiosas pesquisas financiadas pelo campo militar... Essa "grande ciência" não é possível sem gastos exorbitantes; não são poucas as vezes que diferentes nações amigas se juntam para financiar determinadas pesquisas.

Conforme Campanario (1999, p. 403), atualmente "a parte mais importante do trabalho científico se desenvolve em grandes equipes", de centenas ou de

milhares de cientistas, de engenheiros, de técnicos etc. A grande ciência pode ser utilizada como um contraponto a uma questão ocorrente em todos os níveis de ensino, na qual a ciência é divulgada como uma área do saber humano completamente individualista e elitista, conferindo ao cientista o estereótipo de "[...] gênios isolados que ignoram o papel do trabalho coletivo, dos intercâmbios entre equipes..." (FERNÁNDEZ et al., 2002, p. 482, tradução nossa).

Os responsáveis pela formação científica devem alertar a população exotérica sobre esses múltiplos fatores sociais; segundo Fernandez e Escandell (1986, p. 164), limitar o ensino de ciências a uma forma parca de diálogos sobre a realidade, "quando não, o que seria mais grave, a uma simples relação de conhecimentos", é cometer uma fraude. Ao se traçar uma linha divisória entre a ciência e a política, esconde-se a relação de dependência daquela com esta, bem como de sua utilização pela tecnocrática. Do mesmo modo, "a ciência não é neutra, como não são as metodologias docentes e a seleção de conteúdos que se transmite"; omitir a ligação da ciência como determinados valores, não indica que estes não sejam transmitidos.

A ciência possui um sistema de valores adequados a um modo de conhecimento de uma realidade específica; contudo, não há nisso a exclusão da experiência²⁴ humana de outros modos e/ou realidades. "É, por essa razão, errôneo e manipulador atribuir à ciência o monopólio da valoração e, por conseguinte, a tomada de decisões no campo da moral, da política e da justiça" (FERNANDEZ; ESCANDELL, 1986, p. 164, tradução nossa).

[...] as idéias científicas não são simplesmente produtos da lógica dos métodos experimentais; são, antes de tudo, idéias derivadas da estrutura social e intelectual de épocas anteriores, transformadas – e não só parcialmente – a superar a prova da experimentação científica. (BERNAL, 1979 apud FERNANDEZ; ESCANDELL, 1986, p. 164).

Voltando-se a atenção novamente para outro imaginário sobre cientistas, é possível encontrá-los também como pessoas abertas a novidades, assim como indivíduos acostumados a empregar a razão sem paixão e a discutir teorias e pontos de vista em função de seus méritos intrínsecos. A história da ciência, no entanto, está cheia de acontecimentos nos quais os cientistas demonstram atitudes

²⁴ Experiência como modo de conhecer todo o juízo formulado a respeito do apreendido: a compreensão, por um dado sujeito qualquer, de uma realidade revelada, de um jeito de viver etc. É as várias acepções de experiência um problema não somente para leitores desavisados, mas também para a formulação filosófica.

dogmáticas e resistem ao descobrimento²⁵ (CAMPANARIO, 1999). Todas as teorias de hoje comumente aceitas tiveram de lutar contra a resistência da comunidade científica (NISSANI, 1995; CAMPANARIO, 1996).

Está muito próxima do imaginário anterior a replicação de experimentos por outros cientistas. Como lembra Campanario (1999, p. 402), são poucos os cientistas que perdem seu tempo refazendo o resultado de outros investigadores – excluindo-se naturalmente as pesquisas nas quais haja interesses e disputas mais evidentes. Nos primórdios da ciência moderna, as coisas eram certas vezes um pouco diferentes; tem-se, como exemplo, na próxima seção, o duelo entre Newton e outros filósofos naturais pela aceitação e duplicação de seus experimentos. Entretanto, tais tentativas de reproduzi-los eram geralmente frustradas, mesmo assim o poder social de Newton na época era capaz de fazer seus experimentos serem aceitos sem que houvesse uma duplicação aceitável. Apesar disso, o desenho de "[...] qualquer novo resultado [...] não é admitido pela comunidade até que seja duplicado" ainda é uma das crenças mais populares sobre o fazer ciência (e seus supostos métodos), estando "[...] inclusa entre os próprios investigadores".

Uma das principais causas da exposição neutra e da separação social da ciência é mantida por concepções ingênuas no tocante à compreensão do método; trabalhar cientificamente é, muitas vezes, apresentado como um seguir cuidadoso do método científico (MOREIRA; OSTERMANN, 1993; SANDOVAL et al., 1995). Próxima a essa concepção, pelo menos no que concerne a sua causa, está uma característica meramente acumulativa do conhecimento científico (FERNÁNDEZ et al., 2002; THOMAZ et al., 1996). Mostra-se a ingenuidade de tais perspectivas quando seu entendimento procura ser justificado; pois qualquer entendimento distorcido a esse respeito se encontra exatamente ancorado em uma noção vulgar

²⁵ Uma referência próxima para a situação referida pode ser obtida por meio dos estudos de Imre Lakatos (1922-1974). Para ele, o cientista tende a proceder de forma dogmática, enquanto isso signifique um "programa progressivo de pesquisa". Da mesma forma, o cientista tende a utilizar recursos heurísticos para proteger o chamado "núcleo firme" das teorias, a fim de resguardá-lo de refutações prematuras. Tal procedimento seria importante para verificar até que ponto um dado "programa de pesquisa" poder ser levado antes de ser abandonado. O "cinturão protetor" – conjunto de hipóteses auxiliares que protegem o "núcleo firme" de uma refutação prematura – tende a dar conta de eventuais anomalias e contestações discordantes sobre o "núcleo firme". Claramente, o dogma na ciência, para Lakatos, se caracteriza pela benéfica e necessária proteção ao "núcleo firme"; esse dogma é uma decisão metodológica, ou seja, ele será atacado quando houver necessidade. Após a estruturação de uma nova teoria (programa de pesquisa, na terminologia de Lakatos) de maior poder explicativo e preditivo, novamente há a estruturação de um novo "cinturão protetor" (LAKATOS, 1978, 1987, 1989).

do método. De acordo com Thomaz et al. (1996, p. 317), os próprios professores apontam a finalidade do aumento progressivo de conhecimento como sendo por si mesmos (desinteressadamente) e ligado, algumas vezes, à resolução simplória de problemas da humanidade "(desde o ponto de vista social), do planeta e incluindo do universo".

A vulgarização da concepção do método científico parece gerar uma série de problemas; outro muito comum e ainda pouco estudado por sociólogos da ciência, segundo Fernández et al. (2002), tende a considerar o caráter inicialmente parcelar dos estudos, mostrando-se sempre delimitado e simplificado, esquecendo-se dos vários campos do saber nos quais é impossível se fazer ciência sem a contribuição de outros campos científicos e técnicos, como é o caso da físico-química, bioquímica...

Esses mitos sobre o método científico valoram por baixo a criatividade do cientista, deixando para trás "[...] aspectos chaves da metodologia científica como a emissão de hipóteses e o planejamento de experimentos". (GIL-PÉREZ, 1986, p. 111). Outra concepção docente comum é aquela que "o conhecimento científico" aparece como o simples resultado "da aplicação de um método (conjunto de etapas ou de regras de procedimento) bastante rígido e independente do conhecimento conceitual." (SANDOVAL et al., 1995).

Como evidenciam em sua pesquisa Mengascini et al. (2004, p. 73, tradução nossa), por mais ingênua que possa parecer, esse é um ponto de vista ainda muito encontrado entre universitários em formação. "Com respeito à forma em que se faz ciência, os estudantes se referem ao método científico descrito como uma série de passos no desenvolvimento de uma investigação". Para grande parte dos alunos de carreiras científicas, a justificação de um conhecimento ser ou não científico é apontada por meio de uma série de peculiares, como a base metodológica, o critério da autoridade, a sustentação experimental e o sustento lógico. Consoante aos mesmos autores, outras concepções ingênuas (e, por conseqüência, sem fundamentação) encontra-se no ideário do jovem cientista em formação; uma delas, por exemplo, é a descrição do fazer ciência atrelada por uma ordem sistemática, como a análise rigorosa, o controle das variáveis e a linguagem comum.

Não é de se espantar que os livros didáticos de ciências, de modo geral, veiculam uma visão bastante rígida e estruturada do método científico (MOREIRA; OSTERMANN, 1993). Naturalmente que as concepções problemáticas a respeito do

método não estão muito distantes dos manuais e dos textos acadêmicos; eles apresentam, em geral, apenas o sucesso descontextualizado das ciências, ou seja, somente os resultados prontos em si e desvinculados da sua carga epistemológica e histórica. Esses paradigmas encontrados nos textos acadêmicos "apresentam os conhecimentos como conteúdos acabados e concluídos em si mesmos, evitando mencionar contradições internas das teorias e limites de validação lógica delas" (SANDOVAL et al., 1995, p. 57). A exclusiva divulgação de resultados encontrada nos textos acadêmicos de nível superior encontra-se atrelada a um imaginário aproblemático e aistórico do desenvolvimento da ciência.

Por último, fala-se da mais apontada característica do fazer ciência, que é sem dúvida a mais assinalada por universitários e professores de carreiras científicas: a concepção empírico-indutivista e ateórica da ciência (GIL-PÉREZ, 1983; GIL-PÉREZ, 1986; THOMAZ et al., 1996). O paradigma empírico-indutivista da ciência "concebe o conhecimento científico como o fruto de um processo indutivo a partir de uma suposta observação objetiva e neutra dos feitos" (SANDOVAL et al., 1995, p. 58). Essa característica heurística da ciência que concebe a indução como sua fonte é fortemente criticada por filósofos contemporâneos da ciência.

Sobre esse assunto a pesquisa de Mengascini et al. (2004), serve de elucidação, porque se percebe, pelo menos por parte dos alunos universitários, uma ingenuidade profunda a respeito dessa questão; eles não possuem uma postura empírico-indutivista pelo fato de terem lido Bacon e concordado com suas idéias ou por terem aceitado a postura do positivismo-lógico como correta: remetem-se a esse ponto de vista simplesmente por aceitarem (por "osmose") sua validade, demonstrando sua carência conceitual e intelectual.

3.3 DAS CONCEPÇÕES A RESPEITO DO CONHECIMENTO E DO FAZER CIENTÍFICO

Relativamente à formação científica, parece natural o surgimento de pontos de vista precipitados acerca do fazer (*modus faciendi et modus operandi*) e do conhecimento científicos, quando se leva em conta o ensino dogmático e acrítico, haja vista terem suas reproduções e ascendências fortemente situadas no ensino

universitário. Com efeito, é notável o crescimento, entre os estudantes e os futuros docentes, de maneiras de considerar ou de entender a ciência próximas daquilo que comumente é chamado de imagem e/ou visão distorcida e/ou deformada da ciência, que, segundo Gil-Pérez et al. (2001, p. 126), está associada, entre outras coisas, à propagação de uma idéia de “um suposto método científico, único, algorítmico, bem definido e quiçá, mesmo, infalível”.

Gil-Pérez et al. (2001, p. 126) seguem o mesmo caminho de outras pesquisas destacadas anteriormente, referindo-se aos próprios educadores e esotéricos das ciências como sendo os principais responsáveis pela propagação de concepções problemáticas sobre o fazer e o conhecimento científico; pois, segundo os autores, tais profissionais "deveriam ter adquirido – e, portanto, estariam em situação de transmitir – uma imagem adequada do que é a construção do conhecimento científico”. A realidade encontrada no ensino de ciência, todavia, é diferente do que é o esperado para ele. A equipe luso-espanhola apresenta, dessa forma, numerosos estudos (entre os quais: CLEMINSON, 1990; STINNER, 1992; POMEROY, 1993; KLOULIDIS, OGBORN, 1995; THOMAZ, 1996), a fim de evidenciar o fortalecimento na literatura de trabalhos a respeito de divulgação e propagação de maneiras ingênuas de se considerar as características do fazer científico dentro da população esotérica.

Esses grupos têm transmitido, nas palavras de Gil-Pérez et al. (2001) e Fernández et al. (2002), imagens e visões deformadas do trabalho científico, sendo estas: a imagem/concepção empírico-indutivista e ateórica, a visão rígida (exata, infalível, algorítmica...), a visão aproblemática e aistórica; a visão exclusivamente analítica, a visão acumulativa de crescimento linear e, por último, a imagem de que a ciência é uma atividade do conhecimento humano elitista e individualista.

Quanto às maneiras deformadas de considerar as ciências, é importante ressaltar da mencionada pesquisa a desconsideração com as razões dessa incoerência (“que remete, em primeiro lugar, para o fato de o ensino científico – incluindo, e não é demais referi-lo, o universitário – se ter reduzido basicamente à apresentação de conhecimentos previamente elaborados”), mas advertem que, mesmo existindo essa grande incongruência no ensino das ciências, ela não “impediu os docentes de desempenharem a tarefa de transmissores de conhecimentos científicos (uma das funções sociais que lhes foi encomendada).” (GIL-PÉREZ, 2001, p. 126).

Essa conjuntura, entretanto, levou a equipe de pesquisadores de Gil Perez a argumentar sobre a “necessidade de se estabelecer o que deve entender-se por uma visão aceitável do trabalho científico”. Nada obstante, a visão aceitável estabelecida por eles encontra-se muito afastada de um ponto de vista categórico acerca do que é o fazer ciência. Desse modo, os pesquisadores assumiram a postura de que “a referida imagem pode se obter diretamente a partir da consideração do que têm em comum as diversas perspectivas e teses epistemológicas de autores como Popper, Kuhn, Bunge, Toulmin, Lakatos, Laudan, Giere” (GIL-PÉREZ, 2001, p. 126-127).

Novamente vem à tona a questão da adequação de uma concepção sobre as características da ciência. A fim de resolver esse problema, a equipe luso-espanhola assume uma suposta postura compreendida como comum para várias correntes atuais a respeito da filosofia da ciência. Ao mesmo tempo, também é manifesta a falta de hegemonia nas correntes contemporâneas; com a queda da supremacia do empirismo-lógico (mais versado pelo Círculo de Viena), a concepção remota de *episteme* é densamente recriminada. A postura refutacionista de Popper abriu caminho para ramos cada vez mais sofisticados das críticas acerca da *episteme*, bem como de seu desenvolvimento histórico-cultural.

Thomas S. Kuhn (1922-1996) é um exemplo do posicionamento no qual os aspectos sociais da ciência e de seu desenvolvimento interno são levados em conta. Contudo, a grande diferença entre Kuhn e Popper estava nos fatos das estruturações paradigmáticas da ciência, ou seja, para aquele as mudanças de paradigmas nas ciências não eram fruto da racionalidade crítica como este afirmava; quando há a troca de paradigmas nas ciências, segundo Kuhn (1979), também existe a mudança de teorias e da estrutura coletiva, alterando-se inclusive a rotina do fazer ciência, bem como seus objetivos e, por conseqüência, não há a intenção do projeto de aproximação da verdade epistêmica de Popper. Com a proposta kuhniana de paradigma (ou, mais precisamente, de matriz disciplinar), há a abertura para uma enxurrada de novas propostas para a compreensão da estrutura interna e externa das ciências: posicionamentos radicais como de Feyerabend (1993), racionalistas como Bunge (1997) e uma coleção de filiações à proposta de Popper.

É entre essas diferentes correntes que Gil-Pérez (2001) e Fernández (2002) posicionam sua compreensão com relação à adequação das concepções aceitáveis sobre a ciência. Nota-se ser essa postura insuficiente, mesmo para definir uma

maneira aceitável de entender o fazer e o conhecimento científicos; pois, alguns dos autores citados manifestam-se por meio de conjunturas, de valores, de princípios e de escolas filosóficas muitas vezes antagônicas. É, de certo modo, duvidoso extrair de certos autores um cerne comum para fornecer uma maneira aceitável de compreender as ciências. Esquece-se, ao mesmo tempo, de grande gama de escolas que intensamente contribuíram, por meio da Filosofia da Ciência, com a compreensão do conhecimento e do fazer das ciências. Sem dúvida, esse tópico é tão instigante quanto complexo, mas o seu aprofundamento desvirtuaria os objetivos do presente trabalho.

Mesmo existindo o problema mencionado, é inegável a repercussão alcançada pelo artigo "Para uma visão não deformada do trabalho científico". A sua menção em vários trabalhos é uma prova desse sucesso (AULER, DELIZOICOV, 2006; DIAZ et al., 2007; MAGALHÃES, CELINA, 2006; OKI, MORADILHO, 2008; EL-HANI, 2007; ROSA, MARTINS, 2007; MELO, PEDUZZI, 2007). Contudo, nenhuma reflexão crítica foi formada por esses trabalhos, a fim de contestar os termos utilizados por Gil-Pérez et al. (2001) e Fernández et al. (2002), como imagem, visão, deformado, trabalho etc. Os vocábulos apontados são comumente empregados para se estabelecer reflexões críticas, quer nos usos da Filosofia da Ciência na educação científica, quer nas discussões sobre a educação e a formação científica em geral. Ignora-se, de tal modo, o amplo repertório das possibilidades de filosofar abonadas pelos conceitos da linguagem filosófica, nos quais se pode incluir aqueles termos e vocábulos. Deveriam ser considerados e seguidos esses termos de acordo com a linguagem filosófica, quando se pretender discutir a própria Filosofia (ou a Filosofia da Ciência) e seus usos na formação científica.

Do mesmo modo que um físico ou químico se preocupa com o emprego correto dos termos de suas áreas (e com muitíssima razão), os vocábulos específicos da linguagem filosófica deveriam ser respeitados quando se tem uma preocupação em distinguir aspectos epistemológicos e históricos das ciências em geral. Dever-se-ia ter em conta que utilizar termos erroneamente da filosofia (ou empregando-os de acordo com o senso comum), ao se discutir fatos correlativos à Filosofia, também é uma maneira errônea de considerar o conhecimento.

Em forma, discute-se, nas subseções seguintes, o uso "acrítico" de termos filosóficos, como imagens e visões deformadas do trabalho científico [estas expostas inclusive no próprio título do trabalho de Gil-Pérez et al. (2001) e Fernández et al. (2002)] e, em seguida, sugere-se o emprego de outros termos, compatíveis com a

correção da linguagem filosófica. Procura-se fazer a alteração dos vocábulos utilizados, pois, a despeito da nítida contribuição, essas categorizações apresentadas pela equipe luso-espanhola podem se confrontar com a linguagem filosófica. Abertamente, a nova categorização a ser apresentada deve-se ao fato de a feição deste trabalho ter fortes raízes na epistemologia e, de maneira inevitável, na história da filosofia, o que gera uma preocupação construtiva com as possibilidades oferecidas pela linguagem filosófica.

3.3.1 Uma crítica à terminologia empregada por Gil-Pérez et al. (2001) e Fernández et al. (2002) para se referenciar aos modos de compreender o fazer e o conhecimento científico

A utilização do termo trabalho (empregado por Gil-Pérez et al. e Fernández et al.), por exemplo, pode levar a distorções sociológicas do que realmente se pretende tratar. Desse modo, poderia se optar, com mais adequação, pelo uso de termos como conhecimento ou fazer – este para designar o *modus operandi* e o *modus faciendi* e aquele para o resultado do fazer ciência – evitando qualquer dúvida interpretação no que concerne ao materialismo, à dependência do homem, à condenação do trabalho manual (banausia), à relação de necessidade com a natureza, à reação de dependência (seja ativa ou não), ao custo humano do trabalho (em geral) etc.

O termo conhecimento, em vez de trabalho, torna-se uma alternativa cogente, porque conhecimento (do latim *cognitio*), seguindo a tradição crítica, está situado quase como sinônimo direto de representação material sem consciência ou ainda percepção objetiva, fato que nos livra, em parte, de qualquer dúvida interpretação (KANT, 2001, A 320/B 377). Além do mais, seguindo Cupani (2004, p. 11), “o conhecimento pode estar mais ou menos vinculado à experiência e às habilidades de indivíduos ou grupos, sendo assim mais ou menos compartilhável ou transferível, ou seja, mais ou menos público”.

Há ainda muitas confusões entre as categorizações de saber, conhecimento e pensamento. Dessa forma, usa-se o termo conhecimento como sinônimo direto (seguindo a tradição idealista alemã) de algo que já provou a possibilidade de seu

objeto de estudo, seja por meio de sua afetividade – segundo as circunstâncias atestadas pela experiência – seja *a priori* por meio da razão.

Quanto à aplicação do termo deformado, por sua vez, este pode estimular um entendimento de que há uma única forma – quer perfeita, quer inacabada ou imperfeita – de compreender a ciência (do que o grupo de pesquisadores luso-espanhóis igualmente pretende fugir), cuja compreensão se situaria muito longe de um posicionamento mais distanciado, que deveria ser empregado, e muito perto de um dogmatismo. Nesses termos, fala-se aqui que dogmático é aquele que tende a tornar absoluta uma ou outra teoria filosófica (no caso os estudos e as teses dos epistemólogos mencionadas).

Não é por acaso a sugestão para o uso do adjetivo problemático a fim de substituir o termo deformado, dado que as qualidades de um problema podem ser compreendidas no sentido daquele termo. O adjetivo está ligado ao conceito de problema; em relação ao seu entendimento no âmbito filosófico, todavia, ele não diverge em muito do sentido etimológico, ou seja, pode ser compreendido como qualquer proposição (ou simplesmente juízo) que ofereça não apenas dúvida, mas também possibilidades alternativas. Concentra-se, pois, a atenção no sentido de problemático.

Esse conceito diz respeito à concepção conferida a certo problema que seja controverso, discutível ou questionável. A tradição tende a incluir esse vocábulo no círculo dos juízos, e o mesmo acontece com Kant. Não existem dificuldades para se encontrar o conceito de problemático na "Crítica"; entretanto, a dificuldade está nos muitos modos de compreender o sentido do termo por meio da interpretação de comentadores. Aqui, apresenta-se a definição epistemológica (abrindo mão da apresentação lógica e subjetiva) do conceito; do contrário, esta apresentação se tornaria muitíssimo densa.

A proposição problemática é, pois, a que exprime apenas possibilidade lógica (que não é objetiva), isto é, uma livre escolha de tomar esta proposição por válida, uma aceitação simples arbitrária dela pelo entendimento. (KANT, 2001, B101/A76).

Kant (2001, B99/A75) considera a proposição problemática como pertencente à modalidade dos juízos, que são nas palavras do autor,

[...] uma função muito particular muito particular destes, cuja característica consiste em nada contribuir para o conteúdo do juízo (pois além da quantidade, da qualidade e relação nada mais constitui o conteúdo do juízo), e apenas se referir ao valor da cópula em relação ao pensamento em geral.

Dessa forma, problemática é aquela modalidade dos juízos que não implica diretamente em contradição e não pode garantir qualquer tipo de verdade. A proposição problemática, em outras palavras, pode ser afirmada ou negada com leviandade.

Chamo problemático a um conceito que não contenha contradição e que, como limitação de conceitos, se encadeia com outros conhecimentos, mas cuja realidade objectiva não pode ser de maneira alguma conhecida. (KANT, 2001, B310/A255).

Não diferindo dos outros conceitos apresentados na "Crítica da Razão Pura", problemático possui um sentido riquíssimo e fortemente ligado à "Analítica dos conceitos" e à "Analítica dos princípios". A exposição realizada, todavia, atenta somente para o fato de que Kant concedeu real relevância ao termo. Na maioria dos outros filósofos de expressão o conceito dado é muitíssimo conectado ao sentido etimológico.

Chega-se à justificativa das possibilidades de emprego do termo opinião no lugar de imagens ou visões. Esse câmbio pode tornar-se necessário, porque o termo imagens, em Filosofia, requer um bom cuidado ao ser utilizado, principalmente para que se evitem interpretações confusas.

De modo geral, é usado imagens para expressar o signo das coisas, sem dependerem diretamente das próprias coisas, isto é: para Aristóteles, por exemplo, "[...] as imagens são como as sensações, apesar de não possuírem matéria" (ARISTOTELES, 1978, 432^a 9, tradução nossa). No mesmo sentido, pode-se perceber as imagens tanto como produto da imaginação quanto da sensação ou percepção. Os estóicos distinguiam as imagens formadas nos sonhos (como sendo a imaginação) das imagens como as marcas que as coisas deixam na alma. Isto é: "As imagens são compreendidas como aquilo que é formado e impresso por um objeto real, de acordo com um objeto real, em tal maneira que não poderia ser por algo diferente de um objeto real" (LAËRTIUS, 2008, VII, 1, 48-54, tradução nossa). Na Idade Média, o conceito de imagem sempre esteve muito ligado com fins teológicos, quer na distinção da natureza divina, quer na da humana: "O Príncipe do vício venceu Adão, feito de barro à imagem de Deus, armado com a honestidade, composto de temperança, resplandecente de glória" (AQUINO, 2008, I, 95, tradução nossa).

Tem-se, além disso, outras caracterizações ao longo da história da filosofia (sempre mergulhadas em significados caracterizados, quer nos estóicos, quer em Tomás de Aquino, quer em Bacon ou Hobbes; assim foi até se tornar sinônimo de

representação nas obras de Wolff e de idéias nas de Descartes; contudo, sempre ligados direta ou indiretamente ao significado anterior de imagem), sendo tais conceituações muito diversas do significado que, talvez, lhe atribuíra Gil-Pérez.

Já o termo visão, no sentido estritamente filosófico, é sinônimo de intuição, isto é: o ato de intuir, direta ou indiretamente de qualquer objeto do pensamento (ou objeto do mundo cognoscível) apreendido em cada realidade particular.

Dessa forma, desvencilhando-se da sua leitura figurativa ou filosoficamente estrita, pode tornar-se confuso e altamente ambíguo em relação ao seu emprego, visto que o uso vulgar do termo tem sido utilizado para distinguir episódios filosóficos e/ou educacionais, como a empiria e a educação tradicional.

De mais a mais, o porquê do emprego do termo opinião ser mais adequado encontra-se no fato de que o estudante não cria uma visão ou uma imagem do *modus operandi* da ciência, mas sim uma crença que não possui segurança de sua validade, ou seja, tem uma opinião.

Deve-se, porquanto, entender o termo opinião como a tradição mostra: nas palavras de Espinosa, dois sinais, por exemplo, “do fato de termos ouvido ou lido certas palavras, nos recordamos das coisas e delas formamos idéias semelhantes àquelas”, explica ele, “pelas quais imaginamos as coisas”; dessa forma, conclui, “para o futuro, chamarei a essas duas maneiras de considerar as coisas: *conhecimento do primeiro gênero, opinião ou imaginação*” (ESPINOSA, 1997, parte II, prop. XL, escólio II, grifo do autor). Espinosa (1997, parte II, prop. XL, escólio II) compreendia os conhecimentos de primeiro gênero como: “a única causa da falsidade; ao contrário, o conhecimento do segundo”, que ele pronuncia ser a razão, “e do terceiro gênero é necessariamente verdadeiro”. Kant, por sua vez, argumenta que “a opinião é uma crença”, – ou seja, “é um facto do nosso entendimento que [...] exige causas subjectivas no espírito do que julga” –, “que tem consciência de ser insuficiente, *tanto subjectiva como objectivamente*” (KANT, 2001, A 882 B 850/A 823 B 851).

A tradição se estenderia por muitos outros grandes pensadores que se debruçaram sobre o termo opinião; isso, entretanto, é aqui desnecessário, pois se pode entender opinião como as referências anteriores nos apontaram: uma convenção débil, problemática, sem firmeza na garantia de sua validade e que deve ser posta à revisão.

Portanto, a justificativa de opiniões problemáticas do fazer ou do conhecimento científico encontra-se exposta. Assim, sugere-se o uso do termo para denunciar uma convenção débil, atribuída a um juízo incorreto acerca ou do *modus faciendi*, ou do *modus operandi*, ou do próprio conhecimento científico.

3.4 SUGESTÃO DE UMA REDAÇÃO MAIS COESA PERANTE A LINGUAGEM FILOSÓFICA

A seguir, faz-se a paráfrase de alguns segmentos do artigo de Gil-Pérez et al. (2001), a fim de evidenciar as mudanças sugeridas. Quando, por exemplo, no artigo, há a apresentação do que é a suposta imagem ou visão empírico-indutivista, os autores se referenciam a ela utilizando outro termo comum na filosofia, o termo concepção.

Porventura a deformação que foi estudada em primeiro lugar, e a mais amplamente assinalada na literatura, é a que poderíamos denominar de concepção empírico-indutivista e ateórica. É uma concepção que destaca o papel “neutro” da observação e da experimentação (não influenciadas por idéias apriorísticas), esquecendo o papel essencial das hipóteses como orientadoras da investigação, assim como dos corpos coerentes de conhecimentos (teorias) disponíveis, que orientam todo o processo. (GIL-PÉREZ et al., 2001; FERNÁNDEZ, 2002)

É importante alertar sobre o uso do termo concepção aqui empregado, visto que ele não está em erro; precisa haver, entretanto, algum destaque para seu significado perante a linguagem da filosofia. Concepção parece estar empregada no sentido de tornar para si uma idéia ou sentimento. Nesse caso, liga-se ao termo conceito. Por exemplo: a concepção que um físico possui de espaço é diferente da concepção com que o senso comum trata esse termo.

Assim, deve-se compreender como objeto a própria ciência, atribuindo-se o ato de conceber a ciência como a concepção, ou seja, a concepção empírico-indutivista para comunidade que assim a interpreta. Parece confuso compreender a ciência, algo tão amplo e socialmente compartilhado, como um único objeto, para que lhe seja atribuído um conceito, mas é esse o sentido mais abordável que se pode compreender o uso no referido artigo.

Também os termos e vocábulos “idéias apriorísticas” e “corpos coerentes de conhecimentos”, encontrados naquele parágrafo poderiam ser questionados filosoficamente, mas isso estenderia em demasia o presente trabalho. Assim, parte-se diretamente para a sugestão de mudança (a paráfrase) da referida passagem, que poderia ter a seguinte redação:

Outra maneira de compreender a ciência que foi estudada em primeiro lugar, e a mais amplamente assinalada na literatura, é a que poderíamos denominar de opinião empírico-indutivista do fazer científico, ou seja, é um ponto de vista que destaca a neutralidade de uma suposta inferência dos dados empíricos, esquecendo-se a importância das hipóteses nas investigações.

Seguindo a seqüência estabelecida no artigo da equipe luso-espanhola, encontra-se outro ponto de vista sobre a ciência, o qual é chamado de “visão rígida da ciência”. Nas próprias palavras de Gil-Pérez et al. (2001, p. 130, grifo dos autores): “uma segunda deformação amplamente identificada na literatura [...] é a que transmite uma **visão rígida (algorítmica, exata, infalível,...)**”. Nesse caso, fala-se da maneira de compreender a ciência na qual se apresenta “o “método científico” como um conjunto de etapas a seguir mecanicamente”. Assim, sugere-se o uso do termo “opinião rígida do fazer científico”, por ser uma crença estabelecida sobre o *modus operandi* das ciências.

“Muito ligada a essa visão rígida, podemos mencionar a **visão apromblemática e ahistórica** [sic] (portanto, dogmática e fechada)” (GIL-PÉREZ et al., 2001, p. 131, grifo dos autores). Com isso, Gil-Pérez e sua equipe se referem à propagação de conhecimentos científicos “já elaborados, sem mostrar os problemas que lhe deram origem, qual foi a sua evolução, as dificuldades encontradas etc.”. Como tal ponto de vista diz respeito ao próprio conhecimento científico e sua propagação, seria mais indicado o uso de “opinião problemática e aistórica” do conhecimento científico, destacando sua ligação direta com o conhecimento.

Logo depois, é apontado mais um ponto de vista problemático, o qual, entretanto, se refere ao *modus faciendi* das ciências:

Uma concepção que apenas é mencionada pelos grupos de professores e que foi escassamente tratada pela investigação “[...] é a que consiste numa **visão exclusivamente analítica**, que destaca a necessária divisão parcelar dos estudos, o seu caráter limitado, simplificador”. Porém, esquece os esforços posteriores de unificação e de construção de corpos coerentes de conhecimentos cada vez mais amplos, ou o tratamento de “problemas-ponte” entre diferentes campos de

conhecimento que podem chegar a unificar-se, como já se verificou tantas vezes e que a História da Ciência evidencia. (GIL-PÉREZ, 2001, p. 131-132, grifo dos autores)

Parafraseando e adequando os termos, tem-se:

Uma maneira de compreender o *modus faciendi* das ciências, a qual é apenas mencionada pelos grupos de professores e que foi escassamente tratada pela investigação [...] é a que consiste em uma opinião exclusivamente fragmentada do fazer ciência, que destaca a necessária divisão parcelar dos estudos [...].

Troca-se, destarte, o termo analítico por fragmentado, visto que aquele se liga diretamente à análise (ao método analítico) em filosofia, em matemática e em lógica. Mesmo o emprego do termo analítico, tendo como base o vocábulo etimologicamente construído, não diz respeito ao que quiçá Gil-Pérez pretendeu estabelecer, haja vista analítico não ter sentido se empregado para distinguir o caráter parcelar, fragmentado, simplificador ou não das ciências. Analítico no vocabulário comum também articula em respeito à análise, ao que precede por análise etc.

Além dessas tantas maneiras de entender a ciência, o autor ainda destaca outras duas muitíssimo importantes e intensamente difundidas: a visão acumulativa de crescimento linear e a visão individualista e elitista da ciência. Esta denuncia, conforme Gil-Pérez (2001, p. 132-133), que “os conhecimentos científicos aparecem como obras de gênios isolados”; já aquela evidencia que “o desenvolvimento científico aparece como fruto de um crescimento linear, puramente acumulativo. Os dois últimos *pontos de vista*, apontados pelas pesquisas educacionais, referem-se ao *modus operandi* e, ao mesmo tempo, ao *modus faciendi*; assim indica-se o emprego de opiniões acumulativa de crescimento linear e individualista e elitista do fazer científico.

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, não se pretende desmerecer o importante trabalho de Gil Perez e seus colaboradores, e nem sequer as pesquisas que o utilizam como referência. Ao contrário, a menção específica a essas pesquisas é um reconhecimento da sua relevância na área do ensino de ciências. Portanto, é importante ressaltar

que não se objetivou fazer um julgamento de mérito, mas sim uma avaliação sobre como a linguagem filosófica vem sendo empregada em artigos da área de educação em ciências.

Essas incoerências apontadas no uso das terminologias filosóficas vêm surgindo de maneira rotineira em artigos da área. O artigo de Gil-Pérez et al. (2001) é um exemplo mais claro dessa aproximação incomum de duas terminologias que têm assumido caminhos opostos (a comumente utilizada pelas pesquisas em ensino de ciências e a nomenclatura filosófica), conquanto pretendem discutir coisas semelhantes.

Com isso, o repertório filosófico vem, muitas vezes, empregado sem uma análise crítica satisfatória, em artigos das áreas de ensino de ciências (na maioria dos quais há uma preocupação de se evidenciar a importância de discussões filosóficas na própria educação científica). Tais empregos desfigurados nos estudos (sejam epistemológicos do ensino de ciências, sejam educacionais em geral), quando se fala de pesquisas no ensino de ciências, podem levar a interpretações duvidosas e ambíguas. Pensa-se, como exemplo, nos usos dos aspectos epistemológicos das ciências na educação e na formação científica, os quais, com certo afinco, utilizam filósofos como referenciais em suas pesquisas.

Ademais, uma adequação e uma preocupação com o repertório das possibilidades de filosofar, no qual um dos cerne encontra-se na linguagem filosófica, deverá ser levado em consideração, sob a pena de não se ter o verdadeiro conhecimento necessário sobre a própria arma utilizada (e o não conhecimento das armas empregadas pode se tornar um amargo veneno).

4 DA FÍSICA NEWTONIANA COMO EXEMPLO

*Cindindo a vastidão do Azul profundo,
 Sulcando o espaço, devassando a terra,
 A aeronave que um mistério encerra
 Vai pelo espaço acompanhando o mundo.*

*E na esteira sem fim da azúlea esfera
 Ei-la embalada n'amplidão dos ares,
 Fitando o abismo sepulcral dos mares,
 Vencendo o azul que ante si s'erguera.*

*Voa, se eleva em busca do infinito,
 É como um despertar de estranho mito,
 Auroreando a humana consciência.*

*Cheia da luz do cintilar de um astro,
 Deixa ver na fulgência do seu rastro
 A trajetória augusta da Ciência.*

("A Aeronave", Augusto dos Anjos)

4.1 INTRODUÇÃO AO CONTEXTO DE DESENVOLVIMENTO DA FÍSICA NEWTONIANA

A escolha do período de desenvolvimento da ciência newtoniana, para esta seção, tem os seus muitos porquês. Pela clara e indiscutível nobreza desse tempo histórico da ciência, as razões de sua preferência não são raras. Estas palavras de Albert Einstein (1952, p. lix, tradução nossa) dão o tom categórico da índole imberbe e cheia de esperanças da ciência moderna: "Afortunado Newton, na infância feliz da ciência!".

Ao se falar da idade da inocência, sabem-se os mistérios ainda, em muito, ocultos ao seu respeito; os estudiosos de psicologia infantil têm despejado todo seu interesse sobre ela no último século. Mesmo assim, compreende-se a infância como uma época de abundantes descobertas e aprendizados por meio de tentativas e de erros. Não foi muito diferente com a ciência moderna em sua primeira e segunda infância: uma fase muito complexa para a história das ciências e que até hoje é fruto de diversas pesquisas e de questionamentos convergentes e divergentes; tem-se, de maneira inevitável, nos tempos de Newton, Descartes e outros, não somente o

sucesso financiador da organização do conhecimento da ciência contemporânea, mas também uma coleção importantíssima de erros, de problemas e de vicissitudes que forneceram os primeiros passos para o arranjo social e para a estruturação lógica, epistemológica e ontológica das ciências.

Por conseqüência, existem diferenças entre a ciência da Era Moderna e a "grande ciência" da atualidade. A própria palavra cientista para designar alguém versado ou especializado em determinada ciência não existia. Contudo, foi o legado desses ricos tempos de ciência moderna que abriu as portas à ciência de Maxwell, Einstein, Planck e outros. A propósito dessas e de outras razões, não é demais falar da importância do período de desenvolvimento da ciência moderna, seja por meio de seu contexto geral, seja por intermédio dos problemas filosóficos encontrados em seus autores coetâneos. Os resultados da física newtoniana ainda são tidos como um exemplo rígido e bem-estruturado de ciência, assim como fazem parte integral (mesmo nos dias atuais) da formação de cientistas em seu início de carreira.

Exceto para os físicos e os conhecedores da física contemporânea, a máquina universal de Newton continua sendo uma imagem exata do Universo. Nas palavras de Alexandre Koyré (1965, p. 4, tradução nossa), "[...] isso porque, por mais de dois séculos, [a máquina universal newtoniana] tem sido o credo comum, a *communis opinio*, da ciência moderna e dos homens cultos". Quanto aos cientistas em formação, os estudos acerca da máquina newtoniana fazem parte fundamental de sua formação científica. Não é, igualmente, exagero dizer que a física newtoniana continua a ser adotada como um exemplo de ciência na própria formação científica; parece lógico admitir que, se assim não o fosse, ela não seria densamente ensinada nas academias na qualidade de núcleo da instrução universitária (e, a exemplo das ciências aristotélicas, seria discutida exclusivamente nas classes de filosofia). O aceite da física newtoniana não é restrito à formação científica, pois filósofos e estudiosos da ciência continuam a usar o período de Newton na condição de um rico e central modelo histórico da atividade científica.

Os feitos de Newton, da mesma forma, podem ser compreendidos como centrais para o desenvolvimento da ciência moderna: suas obras foram de uma fecundidade indiscutível no meio intelectual moderno e o livro "Philosophiae Naturalis Principia Mathematica" é considerado a obra mais marcante na história da ciência. Na condição de um homem sempre muito dedicado, Newton não apenas contribuiu em uma área dos saberes intelectuais, mas colaborou em vários ramos da

nova ciência. Do mesmo modo que suas contribuições para a ciência foram muitas, os enlaces do filósofo de Lincolnshire com o modo de pensar e de viver de seu tempo não deixaram por menos. Com efeito, qualquer trabalho que pretenda falar de todos os aspectos do desenvolvimento da física newtoniana deve se conformar ou com a demasia ou com a parcimônia.

As descobertas de Newton fizeram parte central das discussões a respeito da filosofia natural nos séculos XVII e XVIII; suas contribuições vão desde uma profunda reflexão no que se refere aos aspectos metacientíficos e ontológicos do conhecimento até a mais pura investigação no âmbito da física-matemática. Como argumentam Cohen e Westfall (2002, p. 11), "temos uma medida da grandeza de Newton ao saber que ele foi autor não apenas de uma, porém de várias revoluções".

A posição de Cohen e Westfall (2002), todavia, pode ser problemática para muitos, principalmente para aqueles que argumentam de modo contrário à existência de gênios (quase divinos) na ciência; homens que, em geral, motivados por inspirações sobre-humanas, seriam o princípio e a causa de muitas revoluções científicas. Newton definitivamente não foi um gênio nesse aspecto; é possível encontrar o seu verdadeiro gênio nas palavras de Beethoven: "O gênio é feito de 98% de perseverante aplicação e de 2% de talento"²⁶. Newton deve ser compreendido nesse sentido de genialidade, isto é: uma pessoa extremamente genial, pelo motivo de ter se dedicado com afinco e esmero em todos os seus intentos, incluindo os cargos administrativos e os estudos místicos e metafísicos.

Os trabalhos newtonianos, hoje em dia, são fortemente questionados devido a muitos problemas em sua estrutura lógica e filosófica; a despeito dos seus bastantes erros, filósofos e cientistas são certos em apontar Newton como um dos responsáveis por tornar mais rígido e apurado o método e o sentido de investigação científica, quer por meios de seus trabalhos na Royal Society, quer pela excelência e fertilidade de seus trabalhos intelectuais.

Na Física, no *status* de herdeiros da ciência da mecânica, os estudos de Newton foram indispensáveis para a sistematização mecânica da natureza, para a estruturação matemática dos axiomas do movimento e da ação à distância, para a

²⁶ Ninguém melhor do que Ludwig van Beethoven (1770-1827) para definir a genialidade. Considerado um dos maiores artistas de todos os tempos, Beethoven superou a deficiência auditiva para se tornar um dos compositores eruditos mais respeitados e influentes da história. Sempre superando todas as dificuldades por razão de sua surdez parcial e de vários problemas pessoais e familiares, compôs nove sinfonias, cinco concertos para piano, trinta e duas sonatas e mais de quarenta outras composições, que lhe garantiram um lugar na história das belas artes.

formulação de um novo sistema de mundo etc. Nos tratados da Óptica, seus trabalhos abrangeram variados campos, como a reflexão, a refração e, mais aprofundadamente, a teoria corpuscular da luz, cujos feitos estão intimamente ligados às concepções de matéria. A matemática, por sua vez, sempre foi vista com interesse por Newton: independentemente de Gottfried W. Leibniz (1646-1716), o jovem Isaac desenvolveu os primeiros estudos sobre o cálculo infinitesimal, que se tornariam uma ferramenta e uma linguagem indispensável para as ciências exatas; ao mesmo tempo, realizou trabalhos a respeito das séries infinitas e de métodos de cálculo e de aproximação, ainda utilizados na computação científica.

O brilhante filósofo natural de Woolsthorpe não foi um filósofo no sentido hoje dado a essa palavra; Newton não formulou um sistema ontológico, nem desenvolveu uma nova teoria da Ética ou da Estética, nem estruturou uma teoria epistemológica completa. Talvez tudo tenha sido decorrência de ele ter vivido em um mundo de contestações, pois o mundo da filosofia natural estava começando a desgrudar de suas dependências com as discussões clássicas da filosofia.

Não obstante os interesses científicos e filosóficos de Newton, sua dedicação alcançou os estudos teológicos e bíblicos; como professor do Trinity College de Cambridge, o interesse pela teologia e pela religião não poderia passar demasiado longe da sua carreira acadêmica. Paralelamente aos seus muitos interesses e dedicações, ele ainda encontrava tempo para estudos obscuros (e não com menos devoção) sobre alquimia. Em resumo, Isaac Newton era um homem de seu tempo, verdadeiramente interessado pelos mistérios do mundo.

Não somente coisas positivas foram herdadas da "infância feliz da ciência". A nascente mentalidade científica dos tempos de Newton foi uma das grandes precursoras de um problema hoje conhecido no ensino de ciência como concepção neutral do fazer científico. De acordo com Koyré (1965, p. 23, tradução nossa), "[...] o mundo da ciência (o mundo real) tornou-se distante e completamente divorciado do mundo da vida, o qual a ciência não conseguira explicar, e nem sequer dar satisfação por chamá-lo de subjetivo". A vida científica parecia cada vez mais distante da vida comum, bem como completamente desinteressada do mundo social.

4.2 O CONTEXTO – PARTE I

A compreensão de um período histórico das ciências não é possível se afastada de seu contexto; a história da ciência não é uma reflexão acerca de anedotas. A possibilidade de compreensão a respeito da filosofia natural de Isaac Newton não é completa se apresentada longe de seu contexto, seja histórico, seja filosófico. Deram-se os descobrimentos do filósofo de Woolsthorpe em uma época de mudanças abruptas; os aspectos sociais, políticos, econômicos, culturais e tantos outros (que apenas a clareza provinda da História pode mostrar) inspiraram diretamente os pensadores do início da Idade Moderna, e estes, por sua vez, se fizeram ouvir no mundo da vida, influenciando-o e exibindo um novo mundo da natureza.

A filosofia nem sempre é filha de seu contexto histórico, pois, muitas vezes, ela cria sua própria contextualização. Não são poucos os exemplos em que a filosofia inspirou diretamente mudanças sociais e históricas. Todavia, não se compreende a filosofia longe de sua inserção na história e no social.

Newton e seus confrades da nova ciência estavam vivendo (para ou bem ou para o mal) as conseqüências do nascente Estado Moderno, da Reforma Protestante, da Revolução Inglesa (com suas longas lutas), dos primeiros passos do Iluminismo e de tantas outras mudanças sociais. O início de tais transformações remonta à Idade Média, porém ainda era parte integral do cotidiano dos séculos XVI e XVII; os homens comuns, assim como os homens das ciências, sentiam o peso dessas transformações nos seus dia-a-dias. Apesar de fazerem parte da história por mais de quatro séculos, as metamorfoses sociais continuaram a possuir um caráter intenso e brusco na sociedade em geral.

No campo das idéias, havia outra longa e árdua fileira de conjunturas. Quando se fala em filosofia, tudo parece voltar muito para trás, e não era diferente no início da Era Moderna. Na filosofia do tempo de Descartes, pode-se buscar a origem de muitas coisas com os pré-socráticos, passando por todos os discípulos de Platão e mergulhando no dogmatismo medieval. Entretanto, era a filosofia aristotélica o coração pulsante dos currículos das universidades européias. Por conseqüência, a apresentação de Newton à filosofia natural foi intermediada pelo aristotelismo.

Considera-se a filosofia natural como o conhecimento, as possibilidades e as reflexões filosóficas a respeito da natureza. Já a física aristotélica não possuía somente esses pontos como centrais em sua análise; a física do objeto natural não era a única a ser questionada pelo filósofo natural, porque a ontologia acerca da natureza (o estudo da natureza do ser e do ser da natureza) se fazia indispensável no pensamento da física aristotélica.

A filosofia natural depende diretamente da categorização de natureza. Confessadamente, o presente trabalho não tem a intenção de se ater em demasia a essa questão devido à profundidade exigida por ela. Não há também a intenção de se falar dos ricos conceitos de natureza concernentes às escolas posteriores ao pensamento moderno. Em Aristóteles, o conceito de natureza é de todo importante, quer na "Física", quer na "Metafísica". Dessa forma, com o objetivo de compreender mais claramente a função de um filósofo natural, busca-se uma reflexão sobre o termo natureza nas obras aristotélicas.

O estagirita, sempre muito preocupado com o uso correto dos termos, apresenta várias possibilidades abonadas pelos múltiplos sentidos assumidos por natureza. Eis os primeiros passos dessa reflexão:

Chama-se natureza, em um primeiro sentido, a geração das coisas que crescem [...]; em outro sentido, a matéria intrínseca de onde provém aquilo que nasce [...]; além disso, o princípio do primeiro movimento em todo ser físico interno e unido da essência [...]; chama-se também de natureza o elemento primeiro, disforme e imutável desde sua própria potência, da qual é feito alguns dos entes naturais [...]; chama-se natureza a substância dos entes naturais. (ARISTÓTELES, 1970, Δ, 4, 1014 b 16 - 1015 a 12, tradução nossa).

É de tal modo que Aristóteles resume os sentidos de natureza; pode-se sintetizá-los desta maneira: natureza pode ser compreendida como um princípio²⁷ do ser, um elemento componente, o elemento do qual os corpos são feitos, constituídos ou produzidos. Entretanto, Aristóteles parece dar mais destaque para a seguinte definição de natureza: "[...] de acuerdo con lo expuesto, la naturaleza primera y propiamente dicha es la substancia de las cosas que tienen el principio del movimiento en sí mismas en cuanto tales"²⁸ (ARISTÓTELES, 1970, Δ, 4, 1015 a 13). Para o estagirita, aqui se encontra a síntese das definições anteriores.

²⁷ Nas próximas seções haverá uma reflexão mais aprofundada a respeito do conceito de princípio e de elemento em Aristóteles.

²⁸ "[...] conforme o exposto, a natureza é primeira e propriamente dita como sendo a substância das coisas que, na qualidade de ente (ser), têm o princípio do movimento em si." (tradução nossa)

Entretanto, a matéria não deve ser sempre chamada de natureza. Ela há de ser entendida na qualidade de natureza apenas quando representar os movimentos de tal princípio. "Así, en un sentido se llama naturaleza a la materia primera que subyace en cada cosa que tenga en sí misma un principio del movimiento y del cambio"²⁹ (ARISTÓTELES, 1995, II, 1, 193 a 28).

É no "Livro II" da "Física" que o conceito de natureza aparece como o princípio da existência, do movimento, da existência das coisas: "[...] la naturaleza es un principio y causa del movimiento o del reposo en la cosa a la que pertenece primariamente y por sí misma, no por accidente"³⁰ (ARISTÓTELES, 1995, II, 1, 192 b 20). Conforme Echandía (1995), a definição de natureza como o princípio intrínseco da mobilidade se refere necessariamente aos objetos móveis e aos entes naturais, ou seja, nas palavras de Aristóteles (1970, Δ, 12, 1019 a 15, tradução nossa):

[...] que é absolutamente princípio do câmbio ou do movimento se chama potência em outro sentido ou no mesmo, contudo na qualidade de outro; porém, há também uma potência para ser alterada ou movida por outro [...].

Dessa forma, significa a capacidade de se mover ou de ser movido.

Para Aristóteles, o movimento é a modificação da potência em ação, uma troca que emerge das *dynámeis* de uma substância composta de matéria e forma, a qual supõe dualidade: o que move e o que é movido. (ECHANDÍA, 1995, p. 45, tradução nossa).

Compreende-se a natureza de certa coisa como aquilo de que a coisa em si (ou as coisas) é feita, assim como também é o possuir um ser e, conseqüentemente, um tornar-se ser ou o movimento que os é próprio. Natureza, nesse âmbito, é a natureza de todas as coisas, desde que na qualidade de coisas naturais. Por conseqüência, o algo existente por natureza é contrário ao existente por outras causas ou princípios, sendo este o caso das artes (ARISTÓTELES, 1995, II, 1, 192 b 18, tradução nossa).

Physis e *Téchné* são dois princípios distintos de coisas. Todo ser emerge de um princípio, e, seja este intrínseco ou extrínseco, essa emergência será um nascimento natural de coisas ou uma produção artificial delas. Esse modo de providência determina dos tipos contrapostos e excludentes de seres, pois a *téchné* somente produz artefatos, coisas que uma vez produzidas carecem de atividade natural. (ECHANDÍA, 1995, p. 45, tradução nossa).

Uma coisa não possui a substância chamada natureza caso ela não apresente o princípio do movimento que a faz se desenvolver e atuar na condição de

²⁹ "Desse modo, em um sentido, chama-se natureza a matéria primeira que subjaz em cada coisa que tenha em si um princípio de movimento e de mudança." (tradução nossa)

³⁰ "[...] a natureza é um princípio e causa do movimento ou do repouso na coisa da qual pertence primariamente e por si mesma, e não por acidente." (tradução nossa)

ser. "Así pues, es evidente que la naturaleza es una causa, y que lo es como causa que opera para un fin"³¹ (ARISTÓTELES, 1995, II, 8, 199 b 32). A natureza é, pois, às vezes, substância e causa, quer eficiente, quer final.

O exposto é um resumo da concepção de natureza de Aristóteles, a qual nessas poucas linhas mostra sua complexidade e densidade. É possível, porém, a apresentação de uma característica principal da filosofia natural: o estudo das causas segundas em todas as possibilidades, pertencendo não apenas à física, mas também à ontologia e à psicologia.

Os escolásticos, de modo geral, chamaram de *philosophia naturalis* a disciplina do saber filosófico encarregada de desenvolver a ciência dos objetos móveis. Para eles, os objetos poderiam ser de dois tipos: formais ou materiais; estes representam os seres móveis na condição de corpo natural, aqueles os seres na qualidade de tais da filosofia natural.

Em essência, a combinação entre a escola aristotélica e a escolástica permite divulgar uma idéia geral relativamente à filosofia natural no início da Idade Moderna. Considera-se filosofia natural o estudo objetivo da natureza, do natural e do universo físico, incluindo do mesmo modo o estudo ontológico do ser natural.

Principalmente com a estruturação da filosofia cartesiana, o conceito de filosofia natural foi modificado de forma considerável. Esquecendo-se da sua categorização, a filosofia aristotélica era ainda o coração da filosofia natural no que concerne à sua física. Nesse caminho encontra-se Newton como um filósofo natural³². Se questionado no início de sua carreira, é provável que ele se definisse como filósofo natural (e não como cientista ou físico); Newton era "alguém que procurava compreender a natureza do mundo em que vivemos." (COHEN; WESTFALL, 2002, p. 19).

Embora continuasse seu imperativo por meio da linguagem na maioria dos trabalhos da jovem ciência, a filosofia natural aristotélica não foi a inspiração de Newton; os textos de filósofos da recém-nascida ciência moderna (como Boyle, Descartes e Gassendi) sensibilizaram o pensamento newtoniano. O conceito de natureza em Newton não é o mesmo da postura clássica aristotélica. A natureza é vista, por grande parte das posturas modernas em filosofia, como a ordem

³¹ "Assim, pois, é evidente que a natureza é uma causa, e que esta causa o é como causa operativa de um fim." (tradução nossa)

³² Sobre esse tema também a primeira seção versou.

necessária das coisas. No livro "Óptica", Newton (1952, III, 1, q. 31, tradução nossa) utiliza tal concepção:

Não possuem as pequenas Partículas dos Corpos Poderes, Virtudes ou Forças sobre as quais eles agem a distância, não somente sobre os Raios da Luz da reflexão, refratando-os e inflectindo-os, mas também uma sobre as outras para produzir uma grande parte dos *Phaenomena Naturae*? Por isso sabe-se muito bem que os Corpos agem uns sobre os outros pela Atração da Gravidade, Magnetismo e Eletricidade; esses modelos mostram o Teor e o Curso da Natureza e não o fazem sem provar que haja outros poderes atrativos a mais do que esses. Pois a natureza é muito coerente e harmoniosa consigo mesma.

Na seqüência, ele prossegue empregando o referido sentido de natureza e, ao mesmo tempo, revelando o dever da filosofia experimental:

Há Agentes na Natureza capazes de fazer se associarem as Partículas dos Corpos por Atrações muito fortes. Eis a função da Filosofia Experimental: encontrá-las.

[...]

A Natureza é muito confortável consigo mesma e muito simples, realizando todos os grandes Movimentos dos Corpos celestes por meio da Atração da Gravidade que intercede junto a esses Corpos, bem como a maioria dos pequenos Corpos de suas Partículas por algum outro Poder de atração e repulsão as quais intercedem junto as Partículas. (NEWTON, 1952, III, 1, q. 31, tradução nossa).

É clara a influência das novas leituras a propósito dos recentes trabalhos da filosofia natural para o jovem Newton nesse ponto. Também é perceptível em outros textos newtonianos a influência provinda de outras áreas do saber (que não da filosofia mecanicista); os estudos de Henry More (1614-1687) e os platônicos de Cambridge foram exemplos. De mesma maneira, a filosofia newtoniana, baseada em átomos, bem como em forças não-materiais, possui raízes não apenas nas correntes filosóficas contemporâneas com Newton, mas também na teologia e na metafísica da época (THACKRAY, 2002).

Segundo Thackray (2002), a filosofia mecanicista do século XVII marca a concordância entre as ciências e as categorias da matéria e do movimento, afastando-se aos poucos das almas e das categorias do espírito. Era um verdadeiro caldeirão de novas idéias, possibilidades e mundos; o Universo agora poderia ser interpretado, ou à maneira dos atomistas gassendianos, ou à moda dos seguidores do espaço pleno de Descartes, ou ao estilo dos corpuscularistas boyleianos, ou ainda podia-se simplesmente juntar todas as modas. Por mais trágico que possa parecer, era essa a rica realidade contextual nos tempos de Newton.

Antes de se adentrar com maior profundidade nessas influências, é importante um destaque a respeito de outras mudanças significativas no meio

intelectual. Essas transformações não estavam atingindo somente os braços fortificados da filosofia medieval e aristotélica, pois a religião e a sociedade em geral sentiam densamente seus efeitos.

Copérnico (1473-1543), praticamente um século antes do nascimento de Newton, arrancara a Terra de suas bases, rasgando a concepção geocêntrica, e atirara o planeta ao céu. Tempos depois, Kepler (1571-1630) havia descartado os orbes e as múltiplas esferas que enclausuravam o mundo e mantinham-no unido; definiu também as leis do movimento, hoje conhecidas como leis de Kepler, que fortemente desafiavam a física aristotélica e a astronomia ptolomaica (KOYRÉ, 1965).

Com Galileu Galilei (1564-1642), os primeiros instrumentos tidos como científicos começavam a ser vistos de um modo diferenciado. Os olhos humanos passaram a ir mais longe do que sua natureza poderia alcançar; os homens perceberam a proximidade e a ligação do infinitamente grande com o infinitamente pequeno (KOYRÉ, 1965). A humanidade começou a provar dos sabores do conhecimento em relação a um novo mundo; as vestes do desconhecido caíram sobre os pés dos dogmas medievais. A investigação científica, ao mesmo tempo, começava a desfrutar de novas e revolucionárias idéias, como a utilização do telescópio feita por Galileu.

Excluindo a vulgarização, a criação de novos instrumentos possui princípios na nova estruturação social; o sucesso da classe burguesa era a chave das possibilidades. A ciência dos instrumentos, dos métodos e das manufaturas era a ciência do artesão, do artista, do engenheiro, do construtor, do negociante, dos empresários etc. A ciência moderna era sim a ciência da classe burguesa.

Os germes da ciência moderna eram mais antigos do que uma simples transição de séculos; pode-se buscá-los na decadência do sistema feudal em meados do século XI e na frustração das Cruzadas. O renascimento urbano, impulsionado pela origem das grandes cidades, de modo lato, também fomentou o renascimento comercial; com o crescimento dos burgos, cresceram oportunidades no comércio e em sua segurança, utilizando-se principalmente da mão-de-obra dos antigos marginais do feudalismo. Era o nascimento da classe burguesa e de uma nova organização social.

Já se notava a existência de grandes cidades em meados do século XI, porém a economia delas era essencialmente agrária; foram a cidades dos

comerciantes que impulsionaram a estruturação social das oficinas. Nem tudo na ciência moderna era consequência da estruturação social da época; a especulação livre dos homens da filosofia também foi uma de suas bases. É praticamente impossível afastá-la, além disso, das preocupações armamentistas; na Baixa Idade Média, a artilharia passou a ser uma parte fundamental dos exércitos e a balística ganhava muita importância. Como o sucesso das armas dependia, em muito, da qualidade dos artilheiros, os estudos das cinemáticas não poderiam continuar se servindo exclusivamente da contemplação aristotélica com relação ao movimento. Por outro lado, as descobertas provindas das grandes navegações haviam atingido com um tiro de canhão os monstros marinhos do Atlântico e, igualmente, instigado o medo medieval do desconhecido. A reflexão sobre as novas possibilidades fora financiada pela classe mais interessada em desmontar os antigos dogmas, a burguesia.

Uma hora ou outra a filosofia, bem como o modo de compreender a natureza, seria bruscamente atingida por tantas mudanças; a ética e a moral também precisariam ser revistas filosoficamente. O fim da *vita contemplativa* dos tempos antigos provocou uma insurgência no homem moderno, pois este buscava valorizar a *vita activa*; o homem burguês não poderia se conter com a contemplação passiva do mundo; "eles desejavam um conhecimento capaz de ser utilizado: uma *scientia activa, operativa*, como Bacon as chamou, ou, como Descarte proferiu, a ciência capaz de tornar o homem o mestre e o senhor da natureza" (KOYRÉ, 1965, p. 5, tradução nossa). Havia de ter, além disso, uma ciência e uma filosofia que valorassem o trabalho manual, de modo que os artífices, o coração produtor da burguesia, não fossem tratados com o desprezo proveniente das ciências teóricas. Da mesma forma, as ciências práticas estavam lutando por um *status* igual ou superior ao das ciências teóricas. Era o fim gradual da Banausia.

O principal pensador que se preocupou em destacar a importância das alterações de *status* das ciências operativas foi Francis Bacon; para ele, o método científico não deveria ser apenas indutivo, mas também experimental. O filósofo natural deveria colocar as mãos na massa, assim como o faz o artesão.

Com efeito, do mesmo modo que num Estado, o alcance de cada inteligência e o gênio particular de certo caráter e de suas inclinações secretas, revelam-se maiores numa época de agitação do que em qualquer outra, os segredos da natureza se manifestam mais fracamente no ferro e

no fogo das artes do que no curso tranqüilo de suas ordinárias operações³³. (BACON, [200-], XCVIII, tradução nossa).

Abrantes (1998) destaca que Bacon incluiu igualmente a história das artes como um setor da história natural. O ataque do filósofo e ensaísta inglês era claro: a arte não poderia ser interpretada apenas como um apêndice da natureza.

Bacon de Verulâmio foi um dos grandes precursores do interesse pelo método. A Revolução Científica era, entre outras coisas, um grande caldeirão de discussões a respeito do método, do caminho seguro para alcançar o conhecimento da natureza; Bacon e Descartes foram um dos pontos de inspiração desse problema.

O desaparecimento gradual do medo pela prática levou à reflexão sobre os métodos e a experimentação (esta tão defendida por Bacon). Claramente a Revolução Científica não criou a experimentação, pois se pode "[...] encontrar experimentos válidos nos textos de filósofos naturais e médicos de épocas anteriores" (COHEN; WESTFALL, 2002, p. 187). No entanto, foi o período de Bacon, Galileu, Newton e outros que fez o método experimental ser aceito na condição de principal caminho para a obtenção dos conhecimentos das ciências naturais. Eles utilizaram o método experimental como a principal ferramenta para interpretar a natureza (nas palavras de Bacon, *interpretationem naturae*), e não para antecipá-la (*antecipationes naturae*).

As conclusões da razão humana, segundo o que lhe é aplicado ordinariamente, em matéria da natureza, chamo-lhes de *anticipationes naturae* (por ser algo temerário e prematuro); quanto às que procedem do modo devido, por meio dos fatos, concedo-lhes a graça de *interpretationem naturae*. (BACON, [200-], XXVI, tradução nossa).

O amor ao maravilhoso e os preconceitos dos sentidos obstruíram o progresso do conhecimento natural, mas a experiência e a reflexão não tardaram a ensinar os homens a examiná-los e a se esforçar por corrigi-los. (MACLAURIN, 2002, p. 159).

Há aqueles que não concordam com o exposto; discordam que o desaparecimento do medo pela prática tenha levado ao método. Koyré (1965, p. 6, tradução nossa) posiciona-se contrariamente à atenção conferida à prática.

A respeito da experiência e do experimento – duas coisas que não apenas devemos distinguir, mas inclusive opor uma contra a outra –, eu estou convencido de que a promoção e o crescimento da ciência experimental não é a origem, mas, ao contrário, o resultado da nova teórica, isto é, da nova abordagem metafísica da natureza que formou o conteúdo da revolução científica do século dezessete, um conteúdo que necessitamos compreender antes de podermos dar uma explicação (qualquer que possa ser) da sua ocorrência histórica.

³³ Baseia-se esta tradução também na versão latina.

As falas de Koyré não se distanciam em nada da própria disputa no âmbito da teoria do conhecimento (e do próprio método) entre racionalistas e empiristas. "Racionalistas (como A. Koyré) ou empiristas (como S. Drake) esforçaram-se para encontrar evidências históricas que favorecessem suas respectivas posições filosóficas" (Abrantes, 1998, p. 69).

A fim de que haja um aprofundamento acerca das questões do método e das escolas que influenciaram Newton, é importante destacar como tais pensamentos e contextos foram importantes para o desenvolvimento e a estruturação da física newtoniana. Newton pode ser apontado como maior herdeiro da nova formulação, das leituras e das conseqüências sociais da nova filosofia natural.

4.3 NEWTON COMO HERDEIRO DA NOVA FILOSOFIA NATURAL

As escolas filosóficas contemporâneas de Newton não lhe foram as únicas referências e inspirações; ele também se empenhou em uma espécie de retorno aos antigos. Newton procurou nestes um suporte que, de alguma forma, pudesse lhe fornecer alguma corroboração com suas teorias. Entre outras coisas, tentou mostrar como a sua doutrina da gravitação universal se identificava em textos da Antiguidade.

Engana-se profundamente quem acredita na suposição de ele ter se utilizado dos textos antigos de maneira aleatória (ou, ainda, na qualidade de meros ornamentos literários). Newton empregou os dados antigos de modo sério e comprometido em seus textos. Usou os textos clássicos como um apoio a favor da corroboração e da justificativa de suas doutrinas da matéria, do espaço e, mais intensamente, da gravitação. São os "Escólios Clássicos"³⁴ do "Principia", uma

³⁴ Os "Escólios Clássicos" do "Principia" levam esse nome, pois Newton, de maneira suposta, apresentou o pensamento clássico (greco-romano) como antecipação de suas doutrinas a respeito da natureza e da atração. Eles teriam sido escritos por volta de 1690 na condição de um projeto não realizado de uma segunda edição do "Principia"; na verdade, são esses escólios uma parte rascunhada sobre as proposições quatro a nove do "Livro III". Até mesmo para leitores com pouco conhecimento de filosofia clássica, é possível perceber muitas coisas forçadas ao extremo por Newton. Todavia, não se podem considerar esses escólios apenas como recursos literários ou metáforas, pois o autor realmente os tinha como uma parte integral de sua filosofia, quer como justificativas, quer como corroborações (MCGUIRRE; RATTANSI, 1966).

tentativa de corroborar a doutrina da gravitação universal e de questionar a natureza na posição de uma força cósmica (MCGUIRE; RATTANSI, 1966).

Ele aceitou o conhecimento dos antigos como puros e verdadeiros e, de acordo com McGuire e Rattansi (1966, p. 112), empregou-os no fortalecimento das proposições quatro a nove.

These are, that there was an ancient knowledge of the truth of the following four principles: that matter is atomic in structure and moves by gravity through void space; that gravitational force acts universally; that gravity diminishes in the ratio of the inverse square of the distance between bodies; and that the true cause of gravity is the direct action of God.³⁵

Como exemplo dessa questão, nos escólios das proposições 6 e 7, Newton procurou corroborar suas idéias com as de Tito Lucrécio Caro. Ele apresenta a preocupação para com a compreensão da gravidade na qualidade de uma força física real, que move os corpos perceptíveis e imperceptíveis em um vazio desprovido de matéria.

Mesmo os antigos estavam conscientes de que todos os corpos que estão ao redor da Terra (quer o fogo ou o ar, assim como o restante) têm uma gravidade em direção à Terra, e que a gravidade deles é proporcional à quantidade de matéria de que cada um se compõe. Lucrécio desse mesmo modo argumenta a favor do vazio. (NEWTON, [169-] apud MACGUIRRE; RATTANSI, 1966, p. 112, tradução nossa).

Na "questão 28" do livro "Óptica", é explicitada a concepção newtoniana da luz; está nela uma referência não apenas aos gregos, mas também aos fenícios:

And for rejecting such Medium; we have the Authority of those the oldest and most celebrated Philosophers of *Greece* and *Phoenicia*, who made a *Vaccum*, and *Atoms*, and the *Gravity* of *Atoms*, the first Principles³⁶ of their Philosophy; tacitly attributing *Gravity* to some Cause than dense Matter.³⁷ (NEWTON, 1952, p. 369).

O retorno aos antigos é muitíssimo importante. Não há aqui o gênio da queda da maçã, mas um pesquisador na natureza extremamente inserido nos desenvolvimentos filosóficos de sua época e preocupado com justificativas ligadas a suas filiações filosóficas. Newton sim foi um gênio; entretanto, ele não foi o gênio poético sentado à sombra de uma macieira encantada. Quanto ao filósofo de

³⁵ "Eis que havia um conhecimento verdadeiro dos quatro princípios conseqüentes: que a matéria tem uma estrutura atômica e se move no espaço vazio por meio da gravidade; que a força gravitacional atua universalmente; que a gravidade diminui na razão do inverso do quadrado da distância entre os corpos; e que a verdadeira causa da gravidade está na ação direta de Deus." (tradução nossa) Sabe-se, sintaticamente, da feição dúbia de algumas frases, mas, a fim de manter a aproximação literal com os autores, preferiu-se uma tradução *ad litteram* das últimas linhas.

³⁶ Em breve, evidenciar-se-á esse sentido de princípio primeiro.

³⁷ "Para rejeitar de tal modo o médio, temos a autoridade dos mais antigos e mais celebrados Filósofos da Grécia e da Fenícia, que fizeram do *Vaccum*, e do Átomo, e da Gravidade dos Átomos, o princípio primeiro de sua Filosofia; tacitamente atribuindo à Gravidade outra causa que não a matéria densa." (tradução nossa)

Woolsthorpe, o verdadeiro sentido de genialidade deve ser compreendido como sinônimo de esforço e de absoluta inserção nas descobertas da nova filosofia natural. A atenção nos estudos antigos da filosofia greco-latina permeou as obras de Newton; o cuidado com os textos antigos deve ser compreendido, entre outras coisas, como um empenho na busca pela verdade epistêmica.

A etapa da vida de Newton que mais parece encantar os mágicos da história da ciência é o chamado *annus mirabilis*. Essa fase, situada (pelo próprio Newton e por seus primeiros biógrafos) entre 1665 e 1666, teria sido responsável pelo princípio das suas realizações mais notáveis. O próprio Newton descreve da seguinte forma suas memórias a esse respeito:

No início do ano de 1665, eu descobri o método das séries aproximadas e a regra para reduzir qualquer potência [dignidade] de qualquer binômio. No mesmo ano, em maio, eu descobri o método das tangentes de Gregory & Slusius, e, em novembro, alcancei o método direto das fluxões, e, no ano seguinte, em janeiro, a teoria das cores, e, no maio seguinte, desvendei o método inverso das fluxões, e, no mesmo ano, eu comecei a pensar na gravidade como se estendendo até a órbita da Lua, e, a partir da regra de Kepler, de que os períodos dos planetas estão numa proporção sesquiáltera com suas distâncias do centro de suas órbitas, eu deduzi que as forças que mantêm os planetas em órbitas devem ser inversamente proporcionais ao quadrado de sua distância do centro em torno do qual eles giram: e, a partir disso, eu comparei a força necessária para manter a Lua em sua órbita com a força da gravidade na superfície da Terra, e, eu descobri que elas se correspondem bem de perto. Tudo isso aconteceu nos dois anos da peste, 1665-1666. Pois, nessa época, eu estava no auge de minha fase de invenção e interessava-me mais pela matemática e pela filosofia do que em qualquer ocasião posterior. (NEWTON, [17--] apud WESTFALL, 1983, tradução nossa).

Qualquer estudioso de estilística encontraria nesse texto de Newton um pouco de seu egocentrismo, de sua personalidade problemática. Não seria de todo errôneo, pois, ao escrever de próprio cunho, ele deixa transparecer a aflição gerada pelas controvérsias com Leibniz sobre a descoberta do cálculo infinitesimal. O *annus mirabilis* continua a ser motivo de contestações para muitos historiados da ciência. Grande parte dessas confusões é gerada, em muitos aspectos, pela personalidade misantropa de Isaac Newton, bem como por sua problemática relação com outros filósofos naturais de sua época (como Hooke e Leibniz). O filósofo de Woolsthorpe foi comprometido em demasia com seus feitos, e a sua preocupação excessiva quanto à autoria pode tê-lo motivado à alteração das datas de realização de seus trabalhos.

Independentemente dos problemas de sua personalidade, assim como das datas do *annus mirabilis*, sabe-se com total certeza que Newton não desenvolveu o

"Principia", sua obra-prima, entre os anos de 1665 e 1666. Aproveitando o título de sua obra, pode-se dizer que, talvez, ele tenha encontrado o "princípio" das idéias do "Principia" naquele ano miraboloso; contudo, Issac Newton não o desenvolveu em 1666. Seus estudos e suas várias cartas demonstram o desenvolvimento e o amadurecimento lento e sábio de suas idéias, muito contrariamente à explosão mental apresentada nas fábulas. Segundo Hall e Hall (2002, p. 112), hoje não se perguntaria "Por que Newton não escreveu os "Principia" em 1666?"; é sabido "que não teria conseguido escrevê-lo nessa época".

Na matemática, na óptica, na Astronomia e na mecânica, o pensamento de Newton amadureceu lentamente, sua habilidade técnica ampliou-se e seus conhecimentos se aprofundaram. [...] O que ele descobriu – não em sua juventude brilhante, mas em sua elaboração amadurecida da mecânica – foi o sucesso do conceito de força para possibilitar a ciência mecânica.

A publicação de sua obra-prima se deu apenas em 1687. Para Bernard Cohen (2002, pp. 180-181), por vários motivos (muitos deles lógicos), a publicação do "Principia" não poderia ter ocorrido antes de 1684. O início do "Principia" é marcado pela exposição das leis de Kepler; Newton não apenas esclarece estas, mas principalmente demonstra a importância física de cada uma delas. De forma nítida, essa demonstração foi fruto do sistema físico simplificado e de seu análogo matemático desenvolvidos por Newton. Não há no início do "Principia" um produto do imaginário livre, ficcionista ou hipotético da mente humana; o já amadurecido Newton possuía completa consciência disso, enquanto não é possível afirmar o mesmo senso de responsabilidade em relação ao jovem Isaac dos *annus mirabilis*. O sistema não era uma desordem de uma mente juvenil ambiciosa, senão um reflexo de uma mente amadurada e profundamente conhecedora do mundo real copernicano e kepleriano. "Em seu entusiasmo inicial com a vitória, pouco antes de redigir os Principia, quando havia concluído sua análise do sistema, o próprio Newton sabia que ele era mais do que um constructo imaginário."

A confiança de Newton não durou muito tempo, pois logo lhe ficou claro que seu sistema (apesar do legítimo amadurecimento) não era compatível com o mundo real. Aos poucos ele foi conseguindo, por meio de mais e mais maturações do sistema, aproximá-lo da realidade. A chave de ouro veio somente com a estruturação do conceito de força gravitacional recíproca, o qual, segundo Cohen (2002), não teria ocorrido anteriormente a 1684, ou seja, quase vinte anos depois do *annus mirabilis*.

Mesmo com o amadurecimento metódico de suas idéias, sistemas e doutrinas, a filosofia natural de Newton não foi aceita com facilidade pela comunidade científica da época. A esse respeito versa MacLaurin (2002, p. 162):

Tal foi o método de nosso filósofo incomparável, cuja cautela e modéstia sempre haverão de honrá-lo imensamente na opinião dos não-preconceituosos. Mas esse procedimento rigoroso [refere-se ao método newtoniano] não agradou a todos àqueles que estavam acostumados a tratar a filosofia de maneira muito diferente, e que perceberam que, ao seguir esse método, teriam que desistir de seus sistemas favoritos. As observações e o raciocínio de Newton eram impecáveis; assim, não encontrando nada a lhes objetar, eles se empenharam em atacar o caráter da filosofia newtoniana através de insinuações indiretas gerais e, vez por outra, de calúnias injustas. Fingiram encontrar uma semelhança entre as doutrinas dele e os dogmas rejeitados da filosofia escolástica. Triunfaram poderosamente no tratamento da gravidade como uma qualidade oculta, por não haver Newton alegado deduzir plenamente esse princípio de sua causa.

Antes mesmo da total aceitação, o autor do "Principia" deveria superar bastantes obstáculos, muitos deles além das alçadas de sua obra-prima. Se houvesse escrito um "Principia" qualquer pouco tempo depois dos *annus mirabilis*, com total certeza ele não teria impacto algum, visto que, mesmo depois do financiamento massivo de Haley e da dedicação integral e madurada de Newton para a sua publicação, a comunidade científica ainda se mostrava firme e resistente às descobertas apresentadas no "Principia".

O filósofo de Woolsthorpe possuía conhecimento das limitações sociais de seu trabalho; sabe-se que o meio sociocientífico influenciou de modo significativo o trabalho de Newton. Apesar dos muitos sinais de misantropia, ele nunca ignorou o contexto sociocientífico do qual fazia parte; não foram poucas as vezes em que Newton teve como inspiração os desafios sociais oferecidos pela ciência moderna, sem contar as provocações e os problemas pessoais para com os grandes nomes da filosofia natural e da matemática de sua época.

Os problemas pessoais e, principalmente, as lutas pela autoria fizeram parte integral do contexto das descobertas de Newton. Em particular, as disputas com Robert Hooke (1635-1703) permearam, com grande profundidade, os trabalhos newtonianos durante quase toda a sua vida intelectual. É muitíssimo complexo delimitar o ponto de separação entre o confronto e a motivação quando se fala da importância de Hooke nos feitos de Newton.

No contexto da descoberta da teoria da gravitação universal, uma troca de cartas com Hooke (seu grande adversário de outras contestações) pareceu renovar os ânimos de Newton. Pouco tempo antes, ele utilizara a lei do inverso quadro (para

a gravitação) com os dados disponíveis, entretanto suas várias tentativas não o satisfizeram. Hooke, por meio de suas cartas, mostrou-se interessado em uma explicação convincente a respeito da órbita dos planetas. Muitos historiadores defendem a tese de que essas conhecidas correspondências motivaram o mais famoso professor de Cambridge a empregar o conceito de força centrípeta para demonstrar a leis das áreas de Kepler.

Anos antes, o desentendimento entre os dois filósofos fora motivado pelos experimentos de Newton acerca da sua recente e excêntrica teoria corpuscularista da luz; ela não estava sendo bem-recebida pela comunidade científica, principalmente pelos membros da Royal Society. Hooke, um defensor da teoria ondulatória, critica os poucos experimentos realizados por Newton dizendo ser o *experimentum crucis* (tão defendido por Newton) insuficiente para provar sua teoria corpuscular. Hooke, na condição de Curador de Experiências da Royal Society, decidiu pedir mais provas para Newton, mas este nada fez a mais, partindo unicamente para acusações pessoais. Isaac se sentiu extremamente ofendido pela desconsideração do seu experimento crucial e só veio a publicar suas teses sobre óptica após a morte de Hooke. No "Principia", Newton retirou qualquer menção a Hooke.

Leibniz, igualmente, teve muitos problemas de autoria com o professor lucasiano; o desenvolvimento do cálculo infinitesimal foi o centro do problema entre os dois filósofos. Sabe-se hoje por várias evidências que ambos desenvolveram seus trabalhos de maneira independente (COHEN; WESTFALL, 2002); todavia, por volta do ano de 1716, a disputa foi extremamente acalorada dos dois lados. Os seguidores de Newton diziam ter visto os artigos de seu chefe anos antes das publicações de Leibniz, acusando o filósofo alemão de ter plagiado os trabalhos newtonianos de matemática. O drama não ficou apenas na esfera das disputas pela propriedade do cálculo, posto que Newton passou a fazer duros ataques à filosofia natural de Leibniz.

A discussão sobre as disputas por autoria entre Newton, Hooke e Leibniz é muitíssimo densa para ser tratada com totalidade aqui; entretanto, elas são um claro exemplo da preocupação do autor do "Principia" com o meio científico, lutando com todas as forças (e, às vezes, sofrendo conseqüências físicas, como crises nervosas) pelos direitos de autoria e de reconhecimento. Ligada a esse contexto, encontra-se uma das frases mais famosas da história da ciência. Em uma de suas cartas para

Hooke, durante as críticas sobre os experimentos de óptica, Newton o ataca dizendo: "se vi mais longe foi porque estava sobre os ombros de gigantes".

O professor lucasiano se referia à importância de outros filósofos naturais, como Copérnico, Kepler e Galileu, em sua filosofia. Newton sempre reconheceu a relevância desses e de outros filósofos em suas descobertas. Naturalmente, isso pode ser visto como inserido no seu esforço para ser reconhecido como um mecanicista; qualquer nova descoberta nas ciências precisaria ter sólidas bases nas novas mudanças vividas pela filosofia natural. Os trabalhos newtonianos, desde sua juventude, foram exemplos de conquistas revolucionárias para a nova ciência; mas estavam, da mesma forma, muito longe de serem o fruto de uma mente separada de qualquer contexto ou influência.

Segundo Cohen e Westfall (2002, p. 21), o jovem Newton sabia da importância de ser reconhecido como um filósofo mecanicista e esforçou-se para isso.

Cerca de cinco anos depois da publicação de "Das leis e processos óbvios da natureza na vegetação", no início de 1675, Newton redigiu "Uma hipótese explicativa das propriedades da luz", para acompanhar um artigo sobre as cores que ele estava remetendo à Royal Society. A "Hipótese da Luz" acabou chegando aos fenômenos da óptica, mas só depois de vagar por toda a filosofia natural. Em 1675, a filosofia natural de Newton já estava suficientemente desenvolvida, de modo que outros filósofos mecanicistas o reconheçam como um dos seus.

A primeira divulgação da teoria das cores consistiu em uma carta dirigida à Royal Society, sendo a primeira de muitas correspondências trocadas entre Newton e o secretário da instituição, Henry Oldenburg. Essas cartas não eram apenas uma maneira de submeter-se ao julgamento da principal sociedade científica daqueles tempos. Newton sabia que, se suas cartas fossem bem-vindas, seria uma excelente maneira de propagar suas concepções sobre experimentos, doutrinas e afins e, por consequência, ele poderia receber todo o prestígio gerado pela aceitação. Anos depois, Newton seria eleito membro da Royal Society, e o motivo principal foi seu projeto do telescópio de reflexão.

Robert Boyle (1627-1691) se destacou como uma das grandes inspirações para o jovem professor lucasiano de matemática. No início de sua carreira, Newton trocou várias cartas com Boyle acerca do éter. Essas mesmas correspondências parecem ter despertado no jovem Newton um grande interesse pela filosofia natural de Boyle, o qual sempre teve lugar cativo em citação das obras newtonianas. Seguindo esse mesmo caminho, é possível encontrar nos escritos de Newton

diferentes menções de seus contemporâneos filósofos e dos experimentos realizados por eles, como é o caso de Boyle e Torricelli (1608-1647).

4.4 CONTEXTO – PARTE II

4.4.1 O cartesianismo

Quando se fala na nova filosofia natural, o nome de René Descartes (1596-1650) possui importância central. Sua filosofia levou seu próprio nome (a versão latina de seu nome, Renatus Cartesius) e influenciou de modo profundo a filosofia da Idade Moderna. Claramente que o cartesianismo não diz respeito apenas aos textos de Descartes, mas também a todos aqueles que aderiram à sua doutrina filosófica.

Sua influência alcançou todas as esferas do pensamento moderno e, conseqüentemente, da jovem filosofia natural. O próprio René Descartes é tido como o pai da Filosofia Moderna e de sua nobre filha, a nova filosofia natural (muitas vezes chamada de mecanicista). Foi essa a filosofia da juventude acadêmica de Newton.

Desde sua estruturação, o cartesianismo pode ser compreendido de muitos modos diferentes. Procura-se aqui, todavia, evitar reduzi-lo a ênfases desmedidas a respeito do método. Sabe-se também da complexidade e de suas múltiplas possibilidades de entendimento, tornando-se impossível um aprofundamento em todas as suas vertentes do pensamento filosófico, como a metafísica, a preocupação com a religião e a teologia, a matemática etc.

Todavia, um dos aspectos fundamentais do método cartesiano é a negação do silogismo aristotélico.

[...] quanto à lógica, seus silogismos e a maior parte de seus outros preceitos servem mais para explicar aos outros as coisas já conhecidas, ou mesmo, como a arte de Lúlio, para falar, sem formar juízo, daquelas que são ignoradas, do que para aprendê-las. E apesar de ela conter, realmente, uma porção de preceitos muito verdadeiros e muito bons, existem contudo tantos outros misturados no meio que são ou danosos, ou supérfluos, que é quase tão difícil separá-los quanto tirar uma Diana ou uma Minerva de um bloco de mármore que nem ao menos está delineado. (DESCARTES, 1999, discurso II, p. 48-49).

Segundo Descartes, o método tem de ser compreendido como um caminho para a inovação e a descoberta; ele deve estar aberto a todos os homens que desfrutem da razão e do bom senso. Ele lista assim quatro preceitos de que se compõe a lógica:

O primeiro era o de nunca aceitar algo como verdadeiro que eu não conhecesse claramente como tal; ou seja, de evitar cuidadosamente a pressa e a prevenção, e de nada fazer constar de meus juízos que não se apresentasse tão clara e distintamente a meu espírito que eu não tivesse motivo algum de duvidar dele.

O segundo, o de repartir cada uma das dificuldades que eu analisasse em tantas parcelas quantas fossem possíveis e necessárias a fim de melhor solucioná-las.

O terceiro, o de conduzir por ordem meus pensamentos, iniciando pelos objetos mais simples e mais fáceis de conhecer, para elevar-me, pouco a pouco, como galgando degraus, até o conhecimento dos mais compostos, e presumindo até mesmo uma ordem entre os que não se precedem naturalmente uns aos outros.

E o último, o de efetuar em toda parte relações metódicas tão completas e revisões tão gerais nas quais eu tivesse a certeza de nada omitir. (DESCARTES, 1999, discurso II, p. 49-50).

Esses quatro preceitos resumem, de modo lato, as características mais gerais do método cartesiano. Dessa forma, de acordo com o cartesianismo – pelo menos ao que se refere aos seguidores mais diretos de Descartes –, não é possível, de maneira geral, conhecer a verdade (no sentido epistêmico), salvo se ela for imediatamente evidente³⁸.

Acerca da física cartesiana, sabe-se da sua natureza complexa, talvez mais complicada do que a própria física newtoniana. É claro que a complexidade nem sempre rende melhores frutos se comparada à exatidão ou à perfeição. Podem-se encontrar os exemplos da complexidade do trabalho científico de Descartes no "Principia philosophiae". Neste parece decidido a abandonar conceitos escolásticos, pelo menos de forma direta. Desse modo, a questão das forças sobre os corpos (isto é, a ação das forças) passa a ser uma preocupação central, excluindo-se com generalidade as noções mais gerais de potência e de qualidades ocultas da matéria. Conforme Cottingham (1995, p. 62), a física cartesiana procura se isentar das operações cognitivas, como força ínsita, influência e coisas do gênero, caso se compreendam "[...] tais noções como indicativas de que a matéria possui qualidades dinâmicas intrínsecas ou poderes causais reais." Para Descartes, a descrição e a

³⁸ Omite-se neste trabalho a noção de evidente e de evidência devido ao seu entrelaçar com outros tantos conceitos cartesianos, como claro, *naturae simplices*, espírito e outros; essa omissão, contudo, não atrapalha a compreensão geral acerca da física cartesiana, que será trabalhada agora de modo geral, haja vista a intenção de o presente trabalho estar depositada na filosofia natural newtoniana, e não na cartesiana.

explicação de todos os fenômenos naturais (físicos) deveriam ser dadas por meio da noção geométrica de extensão.

O "Principia Philosophiae" passa a ser uma luta árdua com relação à substância extensa, procurando se livrar das qualidades e, por conseqüência, das forças ínsitas da natureza. Nessa obra, Descartes, dentre outras coisas, atinge as teorias escolásticas (e aristotélicas) em sua crítica oposta à "virtude" dos corpos. Em concordância com Cottingham (1995, p. 62), sabe-se que, muito embora ele tente se desviar das noções qualitativas, muitas vezes usa de um "linguajar que parece atribuir aos objetos mais do que [...] pode ser extraído da matéria extensa em movimento".

A noção de força aparece algumas vezes nos trabalhos científicos de Descartes, bem como sua física é uma espécie de metafísica disfarçada pela geometria e pela omissão das qualidades. Apesar disso, Descartes (1998) louva seu sistema quando o compara com os predecessores, que, pela tradição, recorriam sempre às qualidades e aos processos ocultos.

Com hábito, Cartesius defende o mundo físico como constituído unicamente por matéria, cuja natureza era a extensão em três dimensões. Vem dessa questão a importância do plano cartesiano para o estudo matemático do movimento na física. Pela composição material do Universo, surge também a negação do vácuo e do vazio absoluto. O espaço seria repleto de algum tipo de matéria; em outras palavras, o Universo seria pleno. Igualmente, a luz consistiria em uma espécie de pressão transmitida por esse espaço pleno. O céu, por seu turno, seria hipoteticamente comparado com redemoinhos e vórtices, e o Sol estaria no centro de um destes, e os planetas seriam arrastados por eles como folhas caídas em riachos.

O tom metafórico da doutrina física de Descartes fez Isaac Newton repudiar de maneira aberta as hipóteses desprovidas de prévias experimentações orientadas para um fim. Entretanto, parece ter sido a intenção de Cartesius em considerar a física do ponto de vista da geometria um atrativo para o jovem estudante do Trinity College de Cambridge. Por essa razão, muitas vezes se retomarão alguns aspectos do cartesianismo ao longo desta seção.

4.4.2 Atomistas e corpuscularistas

O século XVII viu nascer uma renovação do atomismo. Apesar de pouco estudado hoje, Pierre Gassendi (1592-1655) teve um papel importantíssimo nessa renovação e nas objeções ao cartesianismo. Ele também foi responsável por uma série de ataques ao aristotelismo. Crítica que não se aplica diretamente a Aristóteles, mas ao aristotelismo moderado e dogmático; Gassendi os acusava de não se dedicarem à Filosofia, e sim à Filologia. Postura que parece levá-lo a uma atitude quase pirrônica, a qual despertou, em termos gerais, a atenção de Newton.

Segundo Cohen e Westfall (2002, p. 20), a oposição ao cartesianismo é clara, porém os atomistas gassendianos não deixavam de acreditar nos fenômenos naturais em termos de partículas de matéria em movimento. Para essa questão, a divergência central encontra-se no fato de Descartes afirmar que nenhuma partícula poderia ser indivisível, enquanto Gassendi defendia as partículas na qualidade de eternas e indivisíveis (isto é: o sentido literal do átomo grego). Além do mais, "[...] a luz consistiria não na pressão através de um meio", mas, para os atomistas, "[...] em átomos ou corpúsculos movendo-se a uma velocidade imensa." Esses corpúsculos se moveriam no vácuo, haja vista a recusa ao espaço pleno cartesiano.

Embora opostas, tais correntes da nova filosofia natural desempenharam grande influência sobre Newton. São um exemplo muito claro as "Questiones quaedam philosophicae" – conjunto de reflexões e de indagações escritas por Newton no fim de sua graduação em humanidades –, nas quais ele procura questionar os méritos dos cartesianos e dos atomistas (COHEN; WESTFALL, 2002).

A respeito dos cartesianos, diz Newton (2002, p. 24-28) que:

[saber] se o primeiro elemento de Descartes pode girar em torno do vórtice e, ainda assim, continuamente afastar a matéria do Sol, para produzir a luz, e gastar a maior parte de seu movimento preenchendo as frestas entre os glóbulos.

A seguir mostra sua inclinação para o atomismo, que realmente sempre teve mais relevância para o jovem Newton.

A luz não pode ocorrer por pressão, pois, nesse caso, enxergaríamos tão bem ou [até] melhor à noite do que de dia. Deveríamos ver uma luz brilhante acima de nós, porque somos pressionados para baixo.

4.4.3 As outras influências³⁹

Quando se fala nas influências que impulsionaram o trabalho de Newton ou, até mesmo, possibilitaram seus feitos, é impossível deixar de mencionar a relevância dos estudos de Galileu Galilei (1564-1642). Para se discorrer, todavia, sobre os feitos de Galileu na chamada revolução científica, a questão do movimento precisa ser explanada.

Galileu e Descartes desempenharam um papel importantíssimo no desenvolvimento de uma nova concepção do movimento, rompendo com as tradições anteriores e aristotélicas. Descartes parecia decidido em substituir uma idéia física do movimento por uma puramente matemática. A oposição à concepção de que o movimento seria um tipo de devir era clara.

Como assinala Koyré (1965, p. 8, tradução nossa), a mudança aconteceu no campo ontológico: "[...] exatamente porque, assim como Aristóteles já sabia muitíssimo bem, não há qualidade no mundo dos números ou no das figuras geométricas. Não existe lugar para eles no domínio da ontologia matemática". Aos poucos, no campo da filosofia natural, o mundo das qualidades era substituído pelo mundo da quantidade. "Galileu inseriu essa concepção no ideal de que uma ciência adequada do movimento deveria ser matemática." (COHEN; WESTFALL, 2002, p. 271).

A compreensão de que o movimento era um processo de mudança (isto é, um devir, um vir a ser gerado pelos corpos submetidos a ele) agora enfrentava o ponto de vista dos novos filósofos naturais, os quais entendiam o movimento na classe de uma espécie de ser. O movimento não deveria mais ser visto como um processo, mas como um *status* (KOYRÉ, 1965). A famosa frase do atordoado Príncipe da Dinamarca parece resumir o problema do movimento no início da Era Moderna: "To be, or not to be – that is the question [...]." (SHAKESPEARE, 2005). Eis a questão, Hamlet: ou o movimento era compreendido na condição de um apêndice do devir ou como um ser no âmbito da ontologia matemática.

³⁹ Outro ponto interessante em Newton são os seus estudos alquímicos, os quais comumente geram muitíssimas controvérsias entre historiados das ciências. Por essa e outras razões, não se entra aqui em detalhes específicos desses trabalhos. No entanto, "a alquimia precisa ser vista como uma dimensão importante da vida intelectual de Newton." (COHEN; WESTFALL, 2002, p. 365). Ela foi uma parte de dedicação integral, assim como os estudos da filosofia natural e de teologia, para o professor lucasiano.

[...] como Descartes nos fala claramente, isso substitui uma noção propriamente física por uma puramente matemática, opondo-se à concepção pré-galileano e pré-cartesiana, as quais compreendiam o movimento na qualidade de uma espécie de vir a ser, bem como um tipo de processo de troca (chegar a ser) que afeta os corpos a ele submetidos; isso era contrário ao repouso, pois a nova concepção – ou clássica – interpretava o movimento como uma espécie de ser, isto é, não como um processo, mas como um *status* [...]. (KOYRÉ, 1965, p. 9, tradução nossa).

O "move-se, pois não é perfeito" precisaria desafiar o *status* de movimento implantado e indestrutível na mesma condição do repouso. O repouso passou a ter o mesmo estado ontológico que o movimento; os dois podiam influenciar diretamente os corpos em movimento, tornando-se praticamente indistinguíveis. No entanto, os dois conceitos continuaram vivos (e talvez mais vivos do que nunca), mas a distinção conceitual entre ambos se transformou em uma correspondência, uma questão de referencial. "A antiga concepção do movimento sustentava que um corpo só se move se algum agente o mover. Galileu, porém, insistiu que o movimento persevera e não precisa de agente." (COHEN; WESTFALL, 2002, p. 271).

A expressão máxima desse processo é o primeiro axioma do movimento, tão claramente desenhado por Newton: "Todo corpo persevera em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em linha reta, a não ser que seja compelido a modificar esse estado por forças imprimidas sobre ele mesmo" (NEWTON, 1934, p. 13, tradução nossa). É de todo importante perceber nessa afirmação um poder inteiramente ontológico; junto com as outras duas leis ou axiomas, Newton deu a cartada final na contribuição da criação da ciência qualitativa da dinâmica (aos moldes dos modernos).

De acordo com Whitehead (2002, p. 304):

A primeira lei do movimento pergunta o que se deve dizer de um sistema dinamicamente isolado no que concerne a seu movimento como um todo, abstraindo-se sua orientação e o arranjo interno de suas partes. Aristóteles dizia que se devia conceber que tal sistema estaria em repouso. Galileu acrescentou que o estado de repouso era apenas um caso particular.

Segundo o exemplo dado por Koyré (1965), entende-se que o primeiro axioma do movimento não diz respeito à experiência possível, ou melhor, não encontra seus traços na vida cotidiana. Newton se referia aos corpos geométricos no espaço abstrato. "Essa é a razão por que não há nada a ver com a mudança. O movimento dos corpos geométricos no espaço geométrico não se modifica em nada; os lugares em tal espaço são equivalentes ou, até mesmo, idênticos." (KOYRÉ, 1965, p. 10, tradução nossa).

Era uma mudança sem mudança, e ela não foi uma questão simples de ser assimilada. Sua estranheza gerou muita controvérsia, principalmente por parte de platônicos e aristotélicos. Na verdade, ela é um ponto de compreensão muitíssimo pesada na física clássica; é possível encontrar, ainda hoje, um grande obstáculo no que se refere ao seu ensino, uma vez que não são poucos os alunos que apresentam dificuldade em assimilá-la.

Segundo Koyré (1965, p. 4-5, tradução nossa):

É possível que o sentido e o propósito mais profundos do newtonianismo (ou melhor, de toda a Revolução Científica do século dezessete, da qual Newton é o herdeiro, bem como a mais alta expressão) sejam o de exatamente abolir o mundo do "mais ou menos", o mundo das qualidades e das percepções dos sentidos, o mundo da apreciação da vida cotidiana, substituindo-o pelo universo (Arquimediano) da precisão, das medidas exatas, da determinação rígida.

Como se sabe muito bem, a primeira lei do movimento é o xeque à concepção aristotélica. Talvez não se possa usar o termo xeque-mate, porque a concepção aristotélica do movimento não foi derrubada no seu todo, mas sim aos poucos deixada de lado.

Assim é fácil perceber a importância da ciência galileana no contexto de desenvolvimento da física de Newton. Na verdade, ela pode ser apontada como um dos princípios da nova ciência da mecânica, que propunha a mudança de estado ontológico do movimento. Sem dúvida o jovem Newton, durante seus estudos em Cambridge, deu toda a atenção para a perspectiva de Galileu a respeito do movimento.

Como todos sabem, não havia na ciência de Galileu uma dinâmica sólida que pudesse descrever corretamente as forças causais. Eis outro grande problema enfrentado pelos filósofos naturais da Era Moderna: a justificação causal dos movimentos. Esse era um caminho duro a ser trilhado, e Newton tinha total consciência desse problema, tanto que a ciência da dinâmica dele possui não apenas um, mas vários reflexos decorrentes disso.

4.5 ACERCA DOS MÉTODOS, DAS CAUSAS E DOS PRINCÍPIOS

Já se discorreu nas subseções anteriores sobre o apreço de muitos filósofos naturais da nova ciência pela matematização. Galileu e Descartes encabeçavam estas idéias: a natureza deve ser interpretada por meio de caracteres geométricos. Claro que a moda não era exclusiva, pois existiam filósofos, como Robert Boyle, dispostos a negar a geometrização e a defender a interpretação puramente corpuscular na natureza. A moda da matematização, todavia, era grandiosa. Espinosa, impressionado com os feitos de Copérnico, Kepler e Galileu, escreveu seu principal livro (e talvez a mais delicada obra filosófica da modernidade), que carrega o seguinte título: "Ética demonstrada à maneira dos geômetras".

A matematização da natureza não diz unicamente respeito à demonstração do conteúdo físico reproduzido de modo frígido em proposições, em escólios e em caracteres hipotéticos e geométricos; havia nessa questão um entrelaçar inquietante com a forma do pensamento filosófico. Representar a natureza de maneira matemática implicaria, de modo geral, abdicar de muitas preocupações causais na natureza, e seu entrelaçar com o método poderia gerar uma deformidade racionalista dura e hipotética.

Preocupar-se com a interpretação e a escolha de um método adequado para a nova ciência foi um desafio aos grandes pensadores da Idade Moderna. Newton reservou pelo menos um capítulo dos seus principais livros a fim de demonstrar sua preocupação em torno do método. O próprio "Óptica" é mais um tratado sobre o caminho seguro para a ciência do que um estudo acerca da luz.

O enfraquecimento do medo pelo trabalho manual também incitou o método a um maior acolhimento da experimentação e do aperfeiçoamento dos maquinários experimentais. O desenvolvimento do telescópio de reflexão por parte de Newton pode ser utilizado como um exemplo. Sem dúvida que o jovem professor lucasiano se mostrou orgulhoso por sua realização; de certa forma, isso era impensável num contexto anterior à ciência moderna, pois um professor de uma faculdade clássica dificilmente se mostraria orgulhoso pela realização de uma melhoria manual.

A heterogeneidade da luz era um desafio para o aperfeiçoamento dos telescópios de refração. Por mais bem-feitos e aprimorados, eles nunca conseguiam se livrar dos halos de cores que cercavam todas as imagens formadas, ou seja, eram incapazes de separar os diferentes raios gerados nas bordas das imagens. Inspirado por

sua recente teoria das cores, Newton não tardou em aplicá-la e, dessa forma, construiu um telescópio de reflexão. O sucesso de seu invento foi inevitável; finalmente, conseguiam-se imagens boas e sem as deformações nas bordas geradas pelos halos de cores.

Segundo Cohen e Westfall (2002, p. 212), o filósofo de Woolsthorpe não tardou em revelá-lo à sociedade científica: "A primeira de suas cartas preservadas, datada de fevereiro de 1669, já o discutia. Em 1671, a Royal Society de Londres ouviu falar do telescópio e, nesse mesmo ano, escreveu a Newton pedindo para vê-lo". A Sociedade prontamente reconheceu a importância do instrumento e nomeou Newton um de seus membros.

As características do operacionalismo e da prática na ciência foram, na verdade, uma das peculiaridades dos trabalhos de Newton. No "Prefácio do autor ao leitor" do "Principia", ele procurou destacar a importância do aperfeiçoamento na arte da mecânica; a exatidão nos trabalhos manuais se apresenta como uma especialidade do bom mecânico.

Os antigos consideravam a mecânica sob dois aspectos: um racional, em que decorre rigorosamente a demonstração, e outro prático. À mecânica prática pertencem todas as artes manuais, das quais a mecânica tomou seu nome; mas, como os artesãos não trabalham com rigor perfeito, acontece a diferenciação da mecânica e da geometria: o que é perfeitamente preciso é chamado geométrico, o que é menos rigoroso é chamado mecânico. No entanto, os erros não estão na arte, mas nos artífices. Os que trabalham com menos perfeição são mecânicos imperfeitos. Se algum pudesse trabalhar com perfeita precisão, ele seria o mais perfeito dos mecânicos, haja vista a descrição das linhas retas e dos círculos, em que se fundamenta a geometria, pertencer à mecânica. (NEWTON, 1934, p. 152, tradução nossa).

Newton era o reflexo do bom mecânico em um espelho. Encontra-se em uma das suas cartas para Oldenburg (acerca de uma hipótese explicativa das propriedades da luz) outra questão muito próxima a essa e recorrente nos seus escritos: a descrição minuciosa de um experimento.

De qualquer forma, os eflúvios elásticos parecem nos mostrar que há alguma coisa da natureza etérea condensada nos corpos. Eu algumas vezes armazenei em uma mesa um pedaço arredondado de vidro de aproximadamente duas polegadas de largura num anel de lata, com a intenção de que o vidro conseguisse permanecer a um oitavo ou um sexto de polegadas da mesa, de modo que o ar entre eles fosse encerrado pelo anel por todos os seus lados. Após, eu friccionei intensamente o vidro durante algum tempo com qualquer material abrasivo e inclinado, até que certos estilhaços pequeníssimos de papel fino, colocados na mesa embaixo do vidro, começaram a ser atraídos e a se movimentar rapidamente de um lado para outro; depois de eu parar de friccionar o vidro, os papéis continuaram ainda a fazer muitos movimentos, quer saltando para o vidro e assim permanecendo, quer saltando para baixo e novamente para cima;

isso acontecia em linhas perpendiculares à mesa, em linhas oblíquas ou, também, pulando sobre um arco e descendo para o outro, múltiplas vezes e sem nenhum descanso para elas: soltavam em arco de uma parte do vidro para outra, não tocando a mesa; ficavam pendendo por uma ponta, freqüentemente girando com muita rapidez, como se houvessem sido carregadas por uma espécie de vórtice, e se moviam de várias outras maneiras, cada um dos papéis com um movimento diferente. Ao deslizar o meu dedo sobre a face superior do vidro, mesmo com o vidro e o ar colocados a cima dele sem serem movidos pelo movimento, inclinando de um jeito ou de outro, conforme eu movimentava meu dedo. (NEWTON, 1675, tradução nossa).

A descrição minuciosa de um experimento não pode ser confundida com a descrição da natureza. O termo descrição não é, claramente, aristotélico. Sua acepção, para o sentido empregado, mais uma vez, faz parte da riqueza contextual do método da nova ciência. Como discutido anteriormente, a ciência vinha se tornando essencialmente quantitativa e apresentava muitíssimas tendências a permanecer assim. Tudo começara com a caçada aos elementos naturais que poderiam se tornar mensuráveis. Ao se encontrar as justificativas de mensuração desses elementos, a função passaria para a descoberta das relações entre as medidas e as quantidades físicas.

De acordo com Whitehead (2002, p. 302), "Bacon desconheceu essas regras da ciência". É conhecido que o ensaísta britânico falara sobre a ação a distância, mas seus pensamentos a esse respeito eram qualitativos, e não quantitativos. "Não se pode pretender que ele antecipasse seu contemporâneo mais jovem, Galileu, ou seu sucessor distante, Newton". Ele não deixou a indicação da necessidade de uma busca pelas quantidades; "talvez tenha sido desvirtuado pelas doutrinas lógicas correntes, que tinham vindo de Aristóteles". Os aristotélicos diriam para os filósofos naturais classificarem e analisarem os elementos da natureza, enquanto os novos mecânicos se esforçavam para medir as quantidades físicas e seus elementos.

Como se pode ver nesses poucos parágrafos, o problema do método da nova ciência era uma situação complexa; outros pontos centrais desse período, como a matematização da natureza e a experimentação, não podem ser compreendidos em sua totalidade caso estejam separados do entendimento do método. O método de Newton (ou, quiçá, como Bernard Cohen costuma chamá-lo, o estilo de Newton) é um exemplo claro, pois, para compreendê-lo, devem-se elucidar, ao mesmo tempo, vários diferentes pontos de sua cadeia conceitual, como o estudo

das causas físicas e dos princípios metafísicos e o entendimento da importância ontológica da matematização da natureza.

A concepção de método não era muito afastada da origem etimológica do vocábulo, isto é: é aquilo que está além do caminho; é um "através de que"; é uma certeza por meio da qual é possível chegar a um caminho planejado. O termo se originou do grego *metá* (atrás, em seguida, através) e *hodós* (caminho), ou seja, *méthodos* é aquilo que pode levar algo para além do caminho desejado.

Não basta escolher um caminho qualquer, uma vez que é necessário conhecer o caminho que possa levar ao objetivo pretendido – eis a essência de todo o método verdadeiro. Os vocábulos latinos *ratio* e *via* são termos comumente utilizados e conhecidos no mundo filosófico por aqueles que pretendem se separar, um pouco, da carga do conceito grego. No entanto, para os falantes das línguas neolatinas, não é difícil chegar aos seus sentidos; *ratio* é o cálculo, a presunção do raciocínio, o planejamento da mente, enquanto *via* é o caminho, a estrada singular. Tudo parece indicar o rumo, o destino para a obtenção dos objetivos, ou melhor, algo que possa dar ao sujeito uma garantia da chegada ao seu intento.

Quanto ao método newtoniano, para Cohen e Westfall (2002, p. 146), ele "[...] não era uma via única ou simples para a verdade científica". Newton se mostrou atento a vários aspectos metodológicos diferentes, e não menos fundamentais para a ciência moderna. "Um desses aspectos dizia respeito à maneira de conceber os experimentos e de extrair deles conclusões adequadas". Newton talvez tenha sido a primeira grande virtuose da experimentação; ele se mostrou decidido a dar à experiência dirigida um *status* de verdadeiro e único caminho seguro para a ciência. Tudo isso "em uma época em que os cânones da ciência experimental estavam começando a ser formulados".

Esses aspectos metodológicos diferentes são vitais para a compreensão do intento newtoniano em relação ao método na qualidade do verdadeiro caminho para a ciência. Nas palavras de Cohen (2002, p. 167):

Para compreender o método de Newton, devemos buscar um campo intermediário entre o estudo das causas físicas ou até metafísicas e a elucidação matemática de sua ação e propriedades. O reconhecimento dessa hierarquia e a exploração das propriedades da gravitação como causa de fenômenos (sem nenhum compromisso declarado com a causa da gravitação) constituíram um grande avanço em relação à física de Galileu.

A fim de retirar das trincheiras esses problemas, procura-se voltar no tempo, à filosofia aristotélica e, mais especificamente, à física e à metafísica de Aristóteles.

Lá são encontrados conceitos fundamentais para a compreensão verdadeira do método newtoniano e dos problemas fundamentais enfrentados pela ciência moderna. Toma-se como caminho o "Livro I, 1" do "Física".

4.5.1 O objetivo e o método da física aristotélica

O início do "Física" é evidenciado com a significação de conhecimento científico para Aristóteles.

Posto que em toda investigação sobre coisas que têm princípios, causas ou elementos, o saber e a ciência resultam do conhecimento destes – já que somente acreditamos conhecer uma coisa quanto conhecemos suas primeiras causas e seus primeiros⁴⁰ princípios, incluindo seus elementos. (ARISTÓTELES, 1995, Livro I, 1, 184 a, tradução nossa).

Dessa forma, o conhecimento científico seria aquele que, por conhecer as causas, os princípios e os elementos, é capaz de explicar os motivos das coisas. Naturalmente a aceção de princípios, de causas e de elementos torna-se fundamental para o entendimento do que é ciência, no caso seu objetivo para Aristóteles.

Começa-se buscando o sentido de elemento. Este aparece inicialmente no filósofo de Estagira como o componente primeiro de uma coisa qualquer, sendo evidenciado no capítulo terceiro do "Livro Delta" do "Metafísica":

Chama-se elemento o primeiro, imanente e especificamente indivisível em outra espécie, com que algo está composto; por exemplo, são elementos de uma voz aquelas partes nas quais se constitui a voz e as partes em que finalmente se divide, porém essas já não se dividem noutras vozes especificamente diferentes delas; se elas também se dividissem, suas partes seriam da mesma espécie; por exemplo, uma parte de água é água, porém não é sílaba uma parte da sílaba. (ARISTÓTELES, 1970, Livro V, 3,1014^a, tradução nossa).

Logo após essa análise inicial sobre o conceito de elemento, Aristóteles expõe o sentido geral de elemento, usado para indicar as partes centrais de uma dada teoria.

De modo parecido, chamam-se também elementos os das proposições geométricas e, em geral, os das demonstrações; pois as demonstrações

⁴⁰ Segundo Echandía (1995, p. 11, tradução nossa), Aristóteles se utilizava do vocábulo *protón* com dois sentidos: um deles é encontrado no "Livro II" do "Física" e manifesta o sentido de "próximo", enquanto o outro é exposto no "Livro VIII" evidenciando a aceção de "último". Entretanto, "aqui, como indica Pacius, parece se referir às causas e aos princípios próximos, para se diferenciar de *ta stoicheía*, que seriam os princípios ou componentes últimos das coisas".

primeiras e implícitas nas demais demonstrações se chamam elementos das demonstrações; e são tais os silogismos primeiros compostos dos três términos através de um meio. (ARISTÓTELES, 1970, Libro V, 3, 1014a/1014b, tradução nossa).

No entanto, esse mesmo conceito aparece de modo diferenciado no "Segundos Analíticos", de acordo com Angioni (2009, p. 38), denotando os "termos imediatos que permitem demonstrar que A se atribui a C" e, além disso, evidenciando as premissas imediatas e "os termos de uma premissa indemonstrável".

É evidente também que, quando A pertence a B, de modo que haja algum termo intermediário, você pode provar que A pertence a B, e os elementos disso são tantos quantos os termos intermediários (para as proposições imediatas são os elementos, assim como todas elas e cada uma das universais); mas, se não há termo intermediário, não há de haver uma demonstração, sendo esse um caminho para os princípios. (ARISTÓTELE, 1984, 86b 19, tradução nossa).

[...]

Os elementos são tantos quantos os termos; as proposições que possuem esses termos são princípios das demonstrações. Assim como existem princípios indemonstráveis dos efeitos de que "isto é isso" e de que "isto pertence a isso", então também há um certo grau de efeito de que "isto não é isso" e de que "isto não pertence a isso". (ARISTÓTELE, 1984, 86b 26, tradução nossa).

O conceito de princípio, da mesma forma, aparece com várias acepções; na verdade, o Estagirita faz uma enumeração dos significados desse conceito, também no livro delta do "Metafísica". Assim, Aristóteles (1970, Libro V, 1, tradução nossa) lista tais definições:

- a) o ponto de partida do movimento de alguma coisa;

Chama-se princípio, em primeiro lugar, o ponto de uma coisa desde onde alguém pode começar a mover-se; por exemplo, o princípio da longitude e da viagem será este para aquele e aquele para este.

- b) o mais adequado ponto de partida, por exemplo, o passo que promove o aprendizado de algo;

Em segundo lugar, chama-se princípio também o ponto no qual cada coisa pode acontecer de melhor modo; por exemplo, a instrução não deve, às vezes, principiar com os últimos e os princípios das coisas, senão com os pontos de maior facilidade para a aprendizagem do aluno.

- c) o ponto de partida de uma elaboração, como as fundações de uma casa;

Em terceiro lugar, chama-se princípio o algo intrínseco pelo qual uma coisa começa a existir; por exemplo, a quilha é o princípio de um navio, assim como as fundações o são para uma casa, e o coração ou o cérebro é o algo pelo qual os animais começam a ser.

- d) o motivo externo de um acontecimento ou de um movimento qualquer, como a mentira que provoca uma briga;

Em quarto lugar, princípio é o algo extrínseco pelo qual a coisa começa a existir e desde onde principiam naturalmente o movimento e o câmbio; por exemplo, o filho, para o pai e a mãe, e a luta, para a injúria.

- e) aquilo que, conforme certas ordens, origina movimentos ou alterações, sendo o caso do governo de uma cidade;

Em quinto lugar, princípio é aquilo capaz de mover e alterar as coisas por meio de seu comando, como nos Estados o fazem os magistrados, os reis e as ditaduras, e também as artes são princípios dos conjuntos arquitetônicos.

- f) aquela coisa da qual se começa a conhecer algo, por exemplo, as premissas de uma demonstração.

Além disso, o ponto desde onde uma coisa começa a ser cognoscível também se chama princípio, por exemplo, das demonstrações são as premissas os princípios.

Essa última apresentação do conceito de princípio é o mais compreensível no "Física".

Ao fim dessa detalhada análise dos conceitos de princípio, Aristóteles igualmente alerta para o fato de as causas possuírem múltiplos significados, bem como o caso dos princípios, pois todas elas também são princípios: "de otros tantos modos se dicen también las causas; pues todas las causas son principios"⁴¹. Por último, é exposto o que todos os princípios têm em comum – a propósito: "así, pues, a todos los principios es común ser lo primero desde lo cual algo es o se hace o se conoce. Y de éstos, unos son intrínsecos y otros extrínsecos"⁴² (ARISTÓTELES, 1970, Libro V, 1).

No "Segundos Analíticos", Angioni (2009, p. 38) lembra que o termo princípio, indicado pelo grego *archê*, "apesar de ser usado também em outras acepções, tem o sentido de premissas indemonstráveis".

Ademais, se a proposição imediata universal é um princípio da dedução, e a proposição universal é afirmativa na demonstração probatória e negativa na negativa, e a afirmativa é uma condição prévia e mais conhecida do que a negativa (é pela afirmação que a negação é mais conhecida, e a afirmação é uma condição prévia, da mesma forma que ser algo é uma condição prévia de não ser algo) – por essa razão, o princípio da demonstração probatória é melhor do que a negativa, pois a que se utiliza de princípios melhor é melhor. (ARISTÓTELES, 1984, 86b 30, tradução nossa).

Além da prolongada e rica enumeração das acepções de princípio, o Estagirita é conhecido por fazer o primeiro estudo detalhado a respeito das causas, quer por estruturar a primeira e completa noção das causas, quer por evidenciar o

⁴¹ "De tantos outros modos se dizem as causas, pois todas as causas são princípios." (tradução nossa)

⁴² "Assim, a todos os princípios é comum ser o primeiro desde o qual algo é ou se faz ou acontece: uns são intrínsecos e outros extrínsecos." (tradução nossa)

sentido utilizado pelos filósofos anteriores. Para Aristóteles, os pensadores gregos empregavam as causas com a significação de origem, princípio e motivos do mundo natural. Fica claro que todos chegaram a abordar, de modo lato, o problema da causalidade, mas sem um aprofundamento satisfatório (ARISTÓTELES, 1970, A, III, 983).

É um exemplo relevante o cuidado na análise do sentido de causa nos pitagóricos, os quais deram aos números e às figuras geométricas o estado de causa; porém, Aristóteles (1970, A, V, tradução nossa) verifica que eram apenas causas formais, ou seja, simples modelos.

No tempo deles, bem como anteriormente, os aclamados pitagóricos, que foram os primeiros a cultivar as matemáticas, não somente as fizeram avançar, senão que, inspirados por elas, acreditaram que seus princípios eram os princípios de todos os seres. [...]

Se insistimos, é com a intenção de que apreendamos também desses filósofos quais são os princípios e como eles se situam em relação às causas mencionadas. Parecem considerar que o número é princípio, não somente como matéria para os seres, mas igualmente na condição de afeições e hábitos, e que os elementos dos números são o par e o ímpar, sendo um deles finito e outro infinito, e que o Uno procede desses elementos (pois dizem que é par e ímpar), e que o número procede do Uno, e que o céu inteiro, segundo alguns dizem, é número. Contudo, entre eles, há quem diz serem dez os princípios, que enumeram paralelamente: Finito e Infinito, Ímpar e Par, Uno e Pluralidade, Direito e Esquerdo, Masculino e Feminino, Repouso e Movimento, Reto e Curvo, Luz e Escuridão, Bom e Mal, Quadrado e Circular.

Além da relevância incompleta dessas conceituações, as múltiplas análises dos conceitos das causas, para com os filósofos anteriores, evidenciam um problema do qual Aristóteles estava consciente: ao se perguntar a causa de algo, denotando o mero motivo ou porquê dessa coisa, pode-se abrir caminhos para a existência de múltiplos porquês e, por conseqüência, possibilitar a existência de várias causas para esse algo; em outras palavras, as causas se dizem de muitos modos.

Destarte, em um primeiro sentido, a causa pode ser compreendida como a matéria imanente em que algo é feito, por exemplo, o bronze é a causa da estátua. Em outro sentido, a causa é espécie (ou a forma) e o modelo, isto é, a essência e seus gêneros. Causa também é o princípio primeiro do movimento ou do repouso, tendo como exemplo o pai, que é a causa do filho. Na quarta acepção, a causa é o fim, como o emagrecimento, que é a causa da saúde (ARISTÓTELES, 1970, Δ, 2).

Assim, pois, elucida Aristóteles (1970, Δ, 2, tradução nossa) que:

[...] as causas se dizem, sem dúvida, em todos esses sentidos; porém, ocorre que, dizendo as causas em vários sentidos, há também várias

causas disso, sem acidente, e causas recíprocas. Todavia, uma mesma coisa é causa dos contrários, posto que, estando presente, é causa disso, para ele mesmo, e, estando ausente, o consideramos certas vezes a causa do contrário. Todas as causas agora mencionadas se dividem em quatro classes principais.

O tutor de Alexandre, então, resume sua célebre categorização das causas em quatro acepções possíveis: causa eficiente, causa material, causa formal e causa final. A primeira diz respeito às causas na condição de princípio do movimento (da mudança) e do repouso. A conseguinte são as causas pelas quais algo surge ou vem a ser. A terceira definição refere-se à forma e ao modelo, ou seja, o enunciado do que era ser e seus respectivos gêneros. A última acepção é o fim; aquilo em vista de quê (ARISTÓTELES, 1970, A, III; ARISTÓTELES, 1995, II, 3).

Outro ponto de compreensão necessária para o "Física" (e sua relação com os problemas da causalidade) encontra-se em duas passagens importantes: uma está no "Livro Teta" do "Metafísica" e a outra no "Livro VII" do Física.

A primeira diz:

Como disséramos nas considerações a respeito da substância, tudo que ocorre vem a ser algo a partir de algo e por obra de algo que é da mesma espécie. Por isso, também parece impossível ser construtor sem construir nada ou ser guitarrista sem tocar guitarra, pois quem aprende a tocar guitarra aprende tocando, e o mesmo se passa com as demais coisas. (ARISTÓTELES, 1970, θ, 8, tradução nossa).

E a outra:

Tudo o que está em movimento tem de ser movido por algo. Se não tem em si mesmo o princípio de seus movimentos, é evidente que é movido por outra coisa, pois o que o move terá de ser outra coisa. (ARISTÓTELES, 1995, VII, 1, tradução nossa).

Com tais passagens Aristóteles defende a postura de que não pode haver movimento sem causa. De modo geral, quando afirma "que ocorre vem a ser algo a partir de algo e por obra de algo que é da mesma espécie", o Estagirita está atribuindo essa relação diretamente ao conceito de substância. Por essa razão, não diz respeito a um determinismo mecânico ou simplesmente eficiente. Eis aqui a condição do rompimento do pensamento causal da filosofia natural da Era Moderna com o pensamento aristotélico.

As quatro causas são na verdade uma exemplificação de como se modifica a substância na qualidade de substância em todos os seus modos, uma vez que essa é o princípio necessário das modificações. Com isso, quando a Física da Idade Moderna, a jovem filha de Galileu, renuncia às explicações causais e ontológicas da natureza, de modo especial em relação ao movimento, ela passa a se preocupar

necessariamente com a mensuração do movimento e das mudanças em geral. Já a ciência do movimento aristotélica demonstra uma íntima relação entre a noção de causa e de substância.

Quanto à passagem subsequente do "Física", "es evidente que también en la ciencia de la naturaleza tenemos que intentar determinar en primer lugar cuanto se refiere a los principios" (ARISTÓTELES, 1995, Libro I, 1, 184 a), há duas interpretações possíveis, dependentes de suas traduções. Uma tradução possível remete à física como o estudo dos princípios mais elevado, enquanto a outra se refere à física na qualidade do estudo das condições de possibilidade da ciência da natureza. A última interpretação, segundo Angioni (2009, p. 39), daria a esse trecho a seguinte tradução: "devemos tentar delimitar, de início, também aquilo que concerne aos princípios do conhecimento científico a respeito da natureza". Antes de ser uma disciplina científica, no sentido aristotélico do termo, a física se configuraria como a análise filosófica das condições de possibilidade das ciências da natureza. Dessa maneira, parece que a física seria uma ciência da ciência.

Assim, nas sentenças iniciais da *Física*, Aristóteles apenas pretende aplicar ao domínio mais restrito da natureza certas considerações gerais elaboradas em sua teoria da ciência, exposta nos *Segundos Analíticos*. Todo conhecimento científico consiste em apreender as causas e os princípios (ANGIONI, 2009, p. 39-40).

Em "Segundos Analíticos", ainda conforme o mesmo autor, define-se o conhecimento científico apenas em termo das causas, contrariamente ao "Física", no qual são acrescidos os termos princípio e elementos (ANGIONI, 2009, p. 38). Nota-se isso no seguinte trecho do "Segundos Analíticos":

Acreditamos que conhecemos qualquer coisa individualmente (e não de modo sofisticado, em conformidade com o acaso), quando acreditamos conhecer a causa a bem da qual uma coisa é, a fim de que isso seja a causa de cada coisa e que não seja de outra maneira. (ARISTÓTELES, 1984, 71b 9, tradução nossa).

Quanto ao seguimento posterior do "Física":

O caminho natural consiste em ir desde o que é mais cognoscível e mais claro para nós até o que é mais claro e mais cognoscível por natureza; porque o cognoscível com respeito a nós não é o mesmo que o cognoscível em sentido absoluto. (ARISTÓTELES, 1995, Libro I, 1, 184 a, tradução nossa).

Conforme Echandía (1995, p. 10, tradução nossa), Aristóteles se posiciona de maneira oposta a Platão: "A *episteme* da *physis* há-de ir dos fenômenos aos princípios, e não de maneira inversa". Além do mais, como se nota pelo uso da palavra *vía* (do latim, *via* e, por conseqüência, refere-se ao vocábulo *hodós*, em

grego), há nesse trecho a descrição do que seria o percurso ou a rota a ser adotada para a aquisição do conhecimento científico.

Por isso, temos que proceder desta maneira: desde o que é menos claro por natureza, porém mais claro para nós, ao que é mais claro e cognoscível por natureza. (ARISTÓTELES, 1995, Libro I, 1, 184 a, tradução nossa).

Para Angioni (2009, 40), é aqui que se encontra o motivo pelo qual se deve investigar, porque a mera distinção entre o "cognoscível para nós" e o "cognoscível por natureza" é irrelevante para o argumento levando-se em conta o contexto da sentença.

Em conformidade com o mesmo autor, o que realmente descreve a passagem a respeito da rota adotada para a investigação é o reconhecimento de que, "no início da investigação, não são as mesmas coisas que satisfazem ambas as noções", "cognoscível para nós" e "cognoscível por natureza"; dessa forma, as coisas conhecidas no começo não são essas, ou seja, "não são os princípios de uma demonstração científica". Diz-se princípio de uma demonstração, pois o mais cognoscível para nós é o princípio da descoberta, ao passo que "o mais cognoscível por natureza é o princípio da demonstração que explica os fatos por suas causas apropriadas". (ANGIONI, 2009, p. 42).

O fragmento seguinte, do "Física", começa a revelar o caráter heurístico sugerido por Aristóteles:

As coisas que inicialmente nos são claras e evidentes são mais confusas; somente depois, quando as analisamos, chamam a nos ser conhecidos seus elementos e seus princípios. Por isso, temos que proceder desde as coisas em seu conjunto a seus constituintes particulares; porque um todo é mais cognoscível para a sensação, e a coisa em seu conjunto é de alguma maneira um todo, já que a coisa em seu conjunto compreende uma multiplicidade de partes. (ARISTÓTELES, 1995, Libro I, 184 a, tradução nossa).

Segundo Angioni (2009, p. 43):

O ponto essencial consiste no seguinte: o processo heurístico sugerido em *Física I 1* conforma-se às reflexões apresentadas em *Segundos Analíticos II 8* sobre o processo de investigação pelo qual se passa do pré-conhecimento ordinário ao conhecimento científico das causas. O conhecimento previamente disponível consiste na apreensão do objeto sob descrições genéricas, suficientes para uma identificação inicial do mesmo, mas incompletas e incapazes de explicar suas características essenciais. A investigação científica deve buscar discernir e articular as partes implícitas na descrição genérica e/ou os elementos e causas que, para além da identificação preliminar do objeto, explicam suas características essenciais. Em *Segundos Analíticos II 8*, a investigação científica a partir de conhecimentos previamente disponíveis é descrita como "investigar uma coisa já dispondo de algo que lhe pertence", ou seja, dispondo do conhecimento de que a coisa existe.

No seguimento posterior, Aristóteles usa o exemplo da definição equívoca de nomes como um modelo para ilustrar a passagem de uma definição preliminar e confusa para um conhecimento científico.

O mesmo ocorre, de certo modo, com os nomes a respeito de suas definições, pois um nome significa um todo sem distinção de partes, por exemplo, 'círculo', enquanto sua definição o analisa em suas partes constituintes. Também as crianças começam chamando 'pai' a todos os homens, e 'mãe' a todas as mulheres; somente depois distinguem quem é cada um. (ARISTÓTELES, 1995, Libro I, 184 a, tradução nossa).

Com isso, o tutor de Alexandre parece procurar exemplificar que podem existir duas maneiras erradas de empregar termos antes de utilizá-los no uso adequado – aquele que leva ao conhecimento científico. O caso do círculo seria um uso que precisaria ainda do acréscimo de critérios mais precisos, pelos quais poderiam se definir o termo de modo correto; quanto ao exemplo da criança, o emprego do termo pai para designar todos os homens é (ou seria) totalmente incorreto, sendo "orientado por critérios também incorretos que deveriam ser corrigidos" (ANGIONI, 2009, p. 47).

Por fim, conclui-se que o procedimento das ciências (no sentido aristotélico do termo) seria a análise, bem como seu objeto, o estudo dos princípios, pois todas as causas são princípios.

4.5.2 Do método em Newton

Posteriormente à compreensão de alguns conceitos fundamentais em Aristóteles, fica mais fácil o entendimento deles, com suas respectivas contextualizações e problemáticas, quando se falar a respeito da questão do método em Newton. As metodologias e o método nas principais obras newtonianas refletem, de modo direto, grande parte dos problemas enfrentados pela ciência moderna.

O filósofo de Woolsthorpe sempre se mostrou atento às necessidades do método. Newton sabia que, caso uma investigação metodológica não fornecesse um suporte adequado, a sustentação de suas doutrinas sobre a natureza estariam comprometidas. Nas suas principais obras, ele reservou, com total cuidado, seções para o estudo dos problemas enfrentados pelo método. Entre o "Óptica" e o "Principia", há claramente diferenças fundamentais nos estudos com relação ao

método; o primeiro é um verdadeiro tratado metodológico-experimental, enquanto o último apresenta uma série de regras para o raciocínio, as famosas "Regulae philosophandi".

O "Óptica" divulga ao público geral o que, na concepção de Newton, era a correta arte do experimentador; ele mostra diversos experimentos, procurando expor suas conseqüências teóricas e atentando para o esmero nas suas realizações. Para o professor lucasiano, esses experimentos cuidadosamente orientados a um fim eram a correta e mais segura *via* para a nova ciência. É no "Óptica" também que Newton busca solucionar os problemas metodológicos da análise e da síntese. O questionamento acerca da causa da gravidade, do mesmo modo, ganha uma importante discussão, enriquecendo intelectualmente os estudos realizados no "Principia" a esse respeito.

Com certeza, a obra-prima de Newton é o "Philosophiae Naturalis Principia Mathematica". Existe uma série de contribuições significativas para a ciência moderna nesse livro. As preocupações metodológicas, da mesma maneira, ganharam uma seção especial chamada "Regulae Philosophandi" ou, simplesmente, as regras para a filosofia natural. Segundo Cohen e Westfall (2002, p. 149-150), as regras foram adicionadas em um "[...] conjunto de preliminares do Livro III, que concernia ao sistema de mundo, e todas enganosamente reunidas em uma seção chamada Hipóteses." Já na edição seguinte, Newton tentou eliminar as ambigüidades "e separou o que chamava de regras e uma série de afirmações sobre as observações e as leis baseadas na observação (como as leis do movimento dos satélites de Júpiter), as quais chamou de fenômenos." As "Regras" mostram total apreço sobre as questões relativas às causas, às analogias e às valorações da indução contra as hipóteses.

4.6 O MÉTODO, O "ÓPTICA" E O "PRINCIPIA"

A base experimental da ciência newtoniana apresenta alguns problemas na sua estrutura lógica; não são poucas as passagens em que há argumentos circulares e definições imprecisas. Afinal de contas, sua filosofia natural não possuía uma epistemologia (ou uma ontologia) terminada em si mesma. Independentemente

da sua organização ontológica, é fácil (para leitores com algum conhecimento em Física) encontrar problemas de definições nos argumentos experimentais de Newton. Apesar disso, o autor do "Principia" nunca deixou de apoiar sua doutrina sobre o poder da experimentação.

A filosofia com a qual o Sr. Newton, em seu 'Principia' e no seu 'Óptica', utiliza é experimental; e não faz parte do intento da filosofia experimental ensinar as causas das coisas além do que pode ser provado pelos experimentos. Nós não enchemos essa filosofia com opiniões que não possam ser provadas por meio dos fenômenos. Nessa filosofia, as hipóteses não têm lugar, a menos que com conjecturas ou questões propostas sejam examinadas futuramente pelos experimentos. (NEWTON, [171-], tradução nossa).

Sabe-se que a óptica newtoniana foi desenvolvida por meio de sua forte base experimental. Os grandes conceitos, como cores simples ou compostas e refrangibilidade desigual, foram extraídos dos experimentos (SHAPIRO, 2002). O objetivo primordial do "Óptica" é a apresentação da teoria da cor, conquanto seja a preocupação com o método experimental seu aspecto mais virtuoso. Sem muitas dificuldades, o livro poderia ser chamado de "a óptica baseada em experimentos", uma vez que, para Newton, a problemática experimental era tão importante quanto a sua própria teoria da cor.

Mesmo depois de obter alguns reconhecimentos a respeito da publicação do "Principia", Newton ainda não havia firmado a sua óptica na aceitação do público culto da época. Assim, por volta de 1690, ele tentou formular um texto para uma nova apresentação da óptica. A publicação, todavia, teve de esperar; por vários motivos, Newton não se sentia preparado para ela. Somente quando foi eleito presidente da Royal Society em 1703, ele parecia ter criado coragem para publicar o "Óptica".

É curioso saber que a grande parte dos experimentos incluídos no livro já eram velhos conhecidos de seus críticos. Quase todos os experimentos haviam sido elaborados trinta anos antes, ou seja, durante o contexto de desenvolvimento da teoria da heterogeneidade da luz. Apenas com a morte de Hooke, o grande crítico da teoria de Newton a respeito da luz e da cor, o livro foi publicado.

Mais do que nunca os experimentos guiavam a óptica de Newton; nessa época, a experimentação apresentava um poder muito maior do que a matematização. A matemática pode até ser um guia seguro, mas a experiência tem o prestígio de ser a Suprema Corte da nova ciência. Na "Questão 29", há certa clareza a esse respeito:

Se a refração é produzida por meio da atração dos raios, os senos de incidência têm de estar para os senos de refração com determinada proporção, como mostramos em nossos princípios de filosofia: e essa regra é provada pela experiência. (NEWTON, 1952, tradução nossa).

O duelo entre a importância da matematização e a contingência da experimentação foi um traço do amadurecimento lento e ponderado do filósofo de Woolsthorpe. O tempo parece ter mostrado a ele que os experimentos eram uma *vía* mais segura do que a matematização. Em uma das cartas de 1672 destinadas a Oldenburg, Newton diz que a única possibilidade de se alcançar a verdade, no sentido epistêmico, é examinando e deduzindo a propriedade das coisas por meio dos experimentos.

Eu não posso julgar eficiente, na determinação da verdade, o exame de muitos caminhos pelos quais os fenômenos possam ser explicados, a não ser que possa haver uma perfeita enumeração de todos esses caminhos. Você sabe, o método adequado para investigar a propriedade das coisas é deduzi-las por meio dos experimentos. (tradução nossa).

Nas "Lectiones Opticae", entretanto, Newton mostrou-se decidido em criar uma ciência matemática da cor. Esse livro foi um esforço inicial para divulgar, na condição de jovem professor lucasiano, a teoria da refração e da cor. O "Lectiones" é reconhecido pelos historiadores da ciência como o primeiro tratado newtoniano de física.

Na visão de Alan Shapiro (2002, p. 238-239), esse tratado é o mais completo realizado por Newton com relação à sua teoria da cor. Ele inicia o texto "por uma demonstração da idéia central de sua teoria: a de que a luz solar compõe-se de raios de refrangibilidade desigual". É utilizado um prisma para demonstrar como o espectro de luz circular (passando através dele) forma outro espectro projetado em uma tela – eis o experimento central da demonstração de sua teoria. O sucesso de Newton estava em mostrar que o feixe circular não possuía uma refrangibilidade regular, como era pensado até então; o espectro era alongado, cinco vezes mais longo do que largo, diferindo da imagem regular esperada.

A mensuração não era a chave mestra, mas sim o cálculo. Newton procurou mostrar que, por meio da mensuração, ele havia chegado a uma medida matemática da cor, conhecida como grau de refrangibilidade. "Esse experimento deu a Newton o mais importante instrumento experimental e conceitual de sua teoria da cor". (SHAPIRO, 2002, p. 239). Ele havia encontrado também o método da análise ou decomposição.

A parte mais interessante do "Lectiones Opticae" está na mudança realizada na versão ampliada e reorganizada. Lá Newton mostrou-se convencido da importância da matemática sobre os experimentos. A esse respeito Shapiro (2002, p. 239) é bastante explícito. Ele aponta que, na versão reorganizada, "depois de Newton haver demonstrado a refrangibilidade desigual", há uma modificação significativa do texto. O jovem professor lucasiano simplesmente inverteu a ordem de exposição, "colocando primeiro a parte matemática" e deixando para o fim a demonstração experimental.

Com o propósito de explicar sua abordagem preferencialmente matemática sobre a teoria das cores, Newton (apud Cohen e Westfall, 2002, p. 239-240) expõe:

A geração das cores inclui tanta geometria⁴³, e a compreensão delas é corroborada por tantas provas, que, em nome destas, posso tentar ampliar um pouco os limites da matemática, do mesmo modo que a astronomia, a geografia, a navegação, a óptica e a mecânica são realmente consideradas ciências matemáticas, muito embora lidem com coisas físicas. [...] Assim, embora as cores possam fazer parte da física, sua ciência, não obstante, deve ser considerada matemática, na medida em que elas são tratadas pelo raciocínio matemático. Aliás, [...] espero mostrar – por meu exemplo, por assim dizer – quão valiosa é a matemática na filosofia natural. Por isso, exorto os geômetras a investigarem mais rigorosamente a natureza, e os que se dedicam à ciência natural a aprenderem geometria, antes de mais nada. Com isso, os primeiros não passarão todo o seu tempo em especulações sem valor para a vida humana, nem tampouco estes últimos, trabalhando assiduamente com um método absurdo, deixarão de atingir seu objetivo. Mas, na verdade, com a ajuda de geômetras filósofos e de filósofos geométricos, em vez das conjecturas e probabilidades que vêm sendo proclamadas por toda parte, finalmente chegaremos a uma ciência natural corroborada pela máxima evidência.

A matemática parecia o caminho mais belo e mais correto. A juventude intelectual de Newton pretendia conferir à nova ciência um aspecto já encontrado na Academia: "aqui não entra nada que não saiba matemática". Ele, a despeito de Descartes, apresentava-se como um grande discípulo de Platão; os mecanicistas conseguiram, contudo, fazer com que Newton os seguisse neste pensamento: não era possível, para os homens das ciências, "conhecer o funcionamento interno da natureza, como haviam acreditado os aristotélicos." (SHAPIRO, 2002, p. 140). O melhor que eles poderiam fazer era construir uma descrição provável, uma hipótese. Era exatamente o contrário do que o Newton amadurecido viria a defender; o tempo motivado por muitas críticas frustraria a ciência do jovem professor lucasiano.

⁴³ Aqui se deve ler matemática e física no lugar de geometria e filosofia, a fim de se adaptar à linguagem de Newton (SHAPIRO, 2002).

Antes de adentrar nas razões da frustração da ciência matemática da cor, outro ponto da metodologia empregada pelo jovem professor lucasiano torna-se importante: a função do *experimentum crucis*. O experimento crucial estava ligado diretamente à questão da verificação; ele era para Newton a alternativa-chave do método, aquela capaz de escolher entre duas teorias diferentes.

Bacon falara, tempos antes, de certas *instantias crucis* (ou instâncias cruciais). Referia-se às bifurcações (às vias duplas, ao *bivium*, à *bivia*) ou, mais especificamente, às encruzilhadas, lugares onde se cruzam estradas ou caminhos. As instâncias, por sua vez, eram entendidas por ele como fatos experimentais particulares de um fenômeno qualquer. Nas palavras de Bacon ([200-], II, XXXVI):

Among Prerogative Instances I will put in the fourteenth place *Instances of the Fingerpost* [Instantias Crucis], borrowing the term from the fingerposts [translato vocabulo a Crucibus] which are set up where roads part, to indicate the several directions. These I also call *Decisive and Judicial* [Instantias Decisorias et Judiciales], and in some cases, *Oracular and Commanding Instances* [Instantias Oraculi et Mandati].⁴⁴

Para o ensaísta inglês, essas *instantias crucis* serviriam para mostrar que a união de uma dada natureza com a natureza em questão é segura e indissolúvel, enquanto as outras seriam variáveis e separáveis. Naturalmente essas questões devem ser levadas em conta quando, na investigação da natureza, o intelecto está inseguro e não sabe distinguir entre duas ou mais naturezas. Desse modo, a causa da natureza em questão deveria indicar a bem do concurso freqüente e ordinário de muitas naturezas. De modo resumido, tomando-se a força das instâncias cruciais, a questão é resolvida e aceita na qualidade de causa da primeira natureza e as demais naturezas são rapidamente repudiadas; tais instâncias são de máxima autoridade. Muitas vezes, elas possuem o poder de terminar o curso da investigação (BACON, [200-], II, XXXVI).

Newton parece ter se inspirado nas instâncias cruciais de Bacon. O *experimentum crucis* era como um verdadeiro Oráculo de Delfos para o professor lucasiano, era o revelador das verdades nas ciências. Para Cohen e Westfall (2002, p. 148), ele se inspirara no trabalho "Micrographia" de Robert Hooke, referindo-se, assim como Bacon, "a um método para decidir entre duas teorias".

⁴⁴ A terminologia latina utilizada por Bacon (2002) foi adicionada à versão em inglês. Dessa forma, faz-se a tradução baseada na versão em latim. "Entre as instâncias prerrogativas, poremos em décimo quarto lugar as instâncias cruciais, tomando o termo às encruzilhadas, que indicam os bívios e sinalizam a separação dos caminhos. Eu também as chamo de instâncias decisivas e judiciais e, em alguns casos, instâncias oraculares e mandatárias." (tradução nossa)

Durante o ano de 1664, inspirado pelos experimentos de Boyle, Newton procurou imitá-los. Contudo, o jovem lucasiano seguiu um caminho diferente: utilizou os prismas para examinar as faixas e os fios coloridos, olhando-os através de um prisma. Antes os prismas eram empregados para verificar as projeções de um arco-íris sobre uma tela ou uma parede, ou seja, simples projeções prismáticas (SCHAFFER, 2002). Esses experimentos fortaleceram a concepção de que os raios produtores de azul eram mais refratados do que os produtores de vermelho. Como já foi dito nos parágrafos anteriores, Newton atribuiu o fenômeno à refrangibilidade diferente.

Entretanto, apenas em 1666, ele registrou os experimentos em seus manuscritos, sendo também o caso do "Of Colours". Lá, conforme Schaffer (2002, p. 251), há um contraste significativo "com as estratégias de Boyle e de Hooke". O manuscrito de Newton evidenciava uma importante mudança nas técnicas de utilização dos prismas na ciência moderna; havia uma série de experimentos nos quais não apenas um, mas vários prismas eram usados separadamente ou em conjunto. Além do mais, o jovem estudante do Trinity College criou um recipiente quadrado de vidro polido e preenchido com água a fim de servir como um novo aparato experimental. Acima de tudo, Newton estava mostrando a sua grande capacidade criativa como físico experimental.

De acordo com Schaffer (2002, p. 251), o experimento número 44 futuramente se tornaria o *experimentum crucis*; foi um aperfeiçoamento daquele que demonstrava o alongamento da projeção prismática. Ao antigo experimento foi adicionado um novo prisma "para tornar a refratar os raios luminosos depois de saírem do primeiro". Desse modo, Newton pôde mostrar que cada raio possuía uma refrangibilidade específica e produzia uma cor específica.

A remoção gradual dessas suspeitas, finalmente, conduziu-me ao *experimentum crucis* – eis sua descrição: peguei duas tábuas e coloquei uma delas imediatamente atrás do prisma da janela, então a luz pôde passar por meio de um orifício feito para esse propósito, bem como incidir sobre a outra tábua, a qual eu coloquei a doze pés de distância, tendo feito também um orifício nessa tábua, a fim de que alguma parte da luz incidente o atravessasse. (NEWTON, [167-], tradução nossa).

A questão mais relevante em referência à importância do experimento crucial faz parte do contexto das disputas pela aceitação da teoria newtoniana da luz e cor. A verdade encontra-se no fato de os experimentos do professor lucasiano não terem ganhado a notoriedade e a autoridade esperadas por Newton. Em resumo, os

homens da nova ciência não eram ingênuos ao ponto de ficarem impressionados com a simples verificação experimental de uma dada teoria. A verdade também se encontrava no fato de a ciência experimental de Newton carecer de um apoio lógico, ontológico e epistemológico.

A importância dessas disputas para o desenvolvimento dos trabalhos de Newton pode ser percebida no "Óptica". Nesse livro, ele não usa o termo *experimentum crucis* para glorificar o sexto experimento, o qual forneceu a verificação da constância da refrangibilidade. No entanto, ao perceber que ele simplesmente omite seus críticos, como Mariotte e Lucas, deixando apenas uma referência superficial a Hooke, nota-se a pouca satisfação dele com a omissão do termo (SCHAFFER, 2002).

O primeiro artigo de Newton havia evidenciado a importância central dos experimentos e do manejo técnico dos prismas. Não era difícil admirar o jovem professor lucasiano por sua grande habilidade experimental; todavia, poucos foram aqueles que, de imediato, aceitaram as verificações apresentadas. Existia um forte dualismo entre as técnicas e o poder decisivo dos experimentos. Schaffer (2002, p. 257), ressalta que, "em Londres, Hooke produziu testes com dois prismas, mas negou seu papel decisivo." Um grupo de jesuítas, incluindo o respeitado professor de matemática Francis Line (1595-1675), contestou com veemência o poder de verificação dos experimentos apresentados por Newton. "A princípio, os jesuítas questionaram os pressupostos dos testes newtonianos e algumas séries de seus próprios experimentos."

Newton destacou publicamente que a única prova a ser examinada era o seu *experimentum crucis*; mas, nenhum dos seus críticos conseguiu reproduzir os resultados desse experimento. "Não houve acordo quanto ao uso e à forma apropriados dos prismas. Tampouco houve concordância quanto ao significado e à autoridade do *experimentum crucis*" (SCHAFFER, 2002, p. 257).

Talvez tudo tenha se originado em alguns fatos omitidos (ou mesmo negligenciados) por Newton em sua carta a Oldenburg de fevereiro de 1672. Nessa correspondência, ele escolhe apenas certos experimentos, excluindo vários dados importantes, principalmente em relação à qualidade dos prismas.

O jovem professor lucasiano, em suas aulas no Trinity College, preocupava-se em detalhar e reproduzir todos os experimentos; a carta para Oldenburg, porém, é

recheada de lacunas. Dessa forma, o *experimentum crucis* chegou aos olhos dos críticos apenas como uma forma simplificada de muitos experimentos.

Havia uma onda de longas críticas sobre as insinuações de Newton com relação à dispensabilidade da realização de uma extensa série de experimentos. A esse respeito, o próprio Newton havia dito para o jesuíta e professor de Teologia Anthony Lucas (1633-1693),

Não obstante, isso conduzirá à sua maior ligeireza e à sua total satisfação, caso ele mude um pouco o método com o qual tem se apresentado e, em vez da multiplicidade de coisas, tente apenas o *experimentum crucis*. Haja vista que não é o número de experimentos, mas o ônus sobre eles que deve ser resguardado. Onde um é capaz, qual é a necessidade de muitos? (NEWTON, 1676, tradução nossa).

Hooke, entretanto, mostrou-se ainda menos persuadido às defesas de Newton; com tom irônico, diz em uma de suas cartas:

Todavia, não é o que ele dessa forma chama que esclarecerá o tema; pois, o mesmo fenômeno será resolvido tanto pela minha hipótese quando pela dele, excluindo-se qualquer costume da dificuldade ou esforço: mais ainda, eu empreenderei mostrar outra hipótese (diferindo de ambos tanto dele quando de mim) que fará a mesma coisa. (HOOKE, 1672, tradução nossa).

Para Schaffer (2002, p. 257), "Hooke deixou implícito que uma das principais falhas de Newton era o pequeno número de experimentos relatados pelo professor de Cambridge." Definitivamente, ele havia negado o poder decisivo do *experimentum crucis*.

Não obstante, com que certeza, em todo o caso, eu penso para mim mesmo a respeito da minha hipótese (a qual não assumi sem tentar uma centenas de experimentos; no entanto, eu deveria estar muito feliz ao encontrar um *experimentum crucis* vindo do senhor Newton, que deveria divorciar-me disso. (HOOKE, 1672, grifo do autor, tradução nossa).

No fundo, "os argumentos de Newton diante de Hooke e Lucas mostraram que o *status* do *experimentum crucis* era difícil de estabelecer". De ambos os lados, não existia qualquer critério que pudesse instituir um consenso a respeito de um experimento prismático, seja pela competência dos experimentadores, seja pela qualidade dos prismas. "Somente quando o *status* do experimento foi estabelecido é que esse critério passou a existir" (SCHAFFER, 2002, p. 262).

Naturalmente que muitos seguidores de Newton aceitam o valor do *experimentum crucis* e dos prismas; "produziram uma história que explica por que o experimento e os instrumentos não haviam comovido os críticos na década de 1670". São conhecidos apologistas da doutrina newtoniana Voltaire (1694-1778) e Francesco Algarotti (1712-1764). Ambos culpavam aqueles que não conseguiram

reproduzir os experimentos, acusando-os de não terem escolhido corretamente os prismas utilizados. "Os experimentadores que haviam relatado ensaios divergentes dos de Newton foram então desconsiderados, porque seus instrumentos deviam ter sido defeituosos" (SCHAFFER, 2002, p. 263).

Os seguidores de Newton vangloriaram a sua ciência experimental, e a frustração da ciência matemática da cor foi esquecida aos poucos. O sucesso da experimentação e a negação das hipóteses se mostraram sinônimos do estilo newtoniano de fazer ciência. Com isso, a teoria matemática da cor do jovem mestrande do Trinity College perdeu-se no tempo.

O amadurecimento de Newton parece ter lhe dado vários motivos para abandonar sua teoria matemática da cor. Alan Shapiro (2002, p. 248) lista uma série de possíveis razões para a frustração da teoria matemática da cor:

Primeiro, falta a Newton uma lei da dispersão – ou melhor, ele dispunha de duas –, e uma ciência exata tem que ter uma base sólida.

Segundo, acho difícil acreditar que, depois de duas tentativas em suas "Lições de Óptica", o próprio Newton não tenha reconhecido que não obtivera grande sucesso em desenvolver uma teoria fundamental que servisse de modelo da realidade. Sua teoria matemática era, antes, quase uma livre construção de seu intelecto. Embora essa abordagem possa ter-lhe falhado nesse caso específico, não devemos deixar de reconhecer que sua disposição e capacidade de formular leis físico-matemáticas gerais, e de acompanhá-las em todas as duas ramificações, mostram a ousadia de abordagem científica e a largueza de apreensão intelectual que tão bons serviços lhe prestaram noutros momentos.

Terceiro, creio que, com seu interesse crescente pela composição das cores, Newton reconheceu que havia criado apenas parte de uma teoria da cor – uma teoria da refrangibilidade desigual que podia explicar a distribuição espacial ou a separação das cores, mas não sua aparência para os sentidos, isto é, sua coloração. Creio que isso teria perturbado mesmo que sua teoria matemática fosse mais bem-sucedida.

O dualismo entre a experimentação e a matematização não acontece unicamente nos estudos ópticos de Newton. O "Principia" também evidencia o papel da matemática e da experiência no estudo da natureza. Antes de tudo é importante destacar de que maneira ele expôs os problemas do método no livro. Segundo Cohen e Westfall (2002, p. 150), Newton seguiu duas maneiras diferentes: "uma foi o preceito direto; outra, o exemplo".

Para entender a questão do método no "Principia", precisa-se mais do que uma leitura superficial acompanhando os procedimentos de Newton. Muito de sua compreensão está nas entrelinhas do livro, bem como no seu contexto geral. O "Principia" durante séculos foi tido como o mais puro tutor da perfeição científica. "Sendo assim, seu método efetivo, que combinou deduções matemáticas com

indicações extraídas dos resultados experimentais e observacionais, é uma fonte primordial para a compreensão do método ótimo para a ciência exata." (COHEN; WESTFALL, 2002, p. 150).

A importância do contexto e de leituras anteriores é destacada pelo próprio Newton em uma carta dirigida a Bentley. O autor do "Principia" passa uma série de instruções com respeito aos livros a serem lidos antes de se fazer um esforço para ler e compreender sua obra-prima. Richard Bentley (1662-1742) escreveu a Newton pedindo conselhos a respeito da leitura do "Principia" e recebeu meses depois importantes sugestões para a compreensão deste. O professor lucasiano lista, entre outras coisas, a relevância das seguintes leituras: os "Elementos" de Euclides, os comentários sobre geometria de Descartes, os "Elementa curvarum" de De Witt, a breve apresentação do sistema copernicano no final da astronomia de Gassendi e o "Horologium oscillatorium" de Huyghens (NEWTON, 1691 apud COHEN; WESTFALL, 2002).

Essa carta só vem a acrescentar a real importância da contextualização do livro. O próprio título de sua obra-prima possui um conceito filosófico de longa história, o termo princípio. Afinal, é indispensável entender em que sentido Newton se refere aos princípios em seu "Philosophiae naturalis principia mathematica" ou, em português, "Princípios matemáticos da filosofia natural".

Há no terceiro livro do "Principia" uma preocupação no que diz respeito à definição dos princípios; logo no início do texto, Newton alerta para o fato de ter exposto nos livros precedentes (como o "De Motu") os princípios da filosofia – na verdade, ele deveria ter dito os princípios da sua própria filosofia, pois aqueles princípios eram matemáticos, e não filosóficos. A atenção com esse conceito fazia muito sentido, uma vez que o propósito de Newton era a formulação de um modo para o raciocínio nas investigações filosóficas.

Mesmo com a confusão entre a linguagem matemática e a filosófica, ele desejava dizer que, caso seus princípios não fossem seguidos, não haveria outra maneira de se fazer filosofia. Eis uma grande pretensão por parte de Newton. É dessa forma que os seguidores do professor lucasiano viriam futuramente a verdadeira filosofia, isto é: a filosofia newtoniana em termos de princípios matemáticos. Na seqüência, Newton (1934, p. 397, tradução nossa) continua:

Esses princípios são as leis e condições de certos movimentos, e potência ou forças, as quais dizem respeito principalmente à filosofia; todavia, a fim de que não parecessem secos e improdutivos, eu os illustrei lá e cá

juntamente a alguns escólios filosóficos, dando uma prestação de contas a respeito das coisas que são de natureza mais geral e nas quais a filosofia parece bem fundamentada; tais como a densidade e a resistência dos corpos, os espaços desprovidos de corpos e o movimento da luz e dos sons.

Não é difícil perceber a ambigüidade nas primeiras frases. No entanto, consegue-se compreender os princípios, no sentido newtoniano, como aquilo que possibilita uma previsão provável de um evento ou de um fenômeno. Nesse caso, ele se refere aos movimentos, bem como faz questão de destacar que são princípios matemáticos, mesmo afirmando que dizem respeito à filosofia.

Na verdade, Newton usa termos filosóficos ao seu próprio gosto. Como em vários dos seus textos, ele utiliza filosofia na qualidade de física. Dessa maneira, não são princípios no sentido aristotélico para se indicar a causa de um movimento qualquer, mas sim as condições matemáticas básicas para possibilitar a previsão de um movimento físico.

Seguindo os preceitos do "Principia", chega-se à conclusão de que a investigação do movimento se fundamentou na matemática, e não na experimentação e na indução (COHEN, 2002). Afinal de contas, se os princípios da teoria newtoniana estão baseados na matemática (em princípios matemáticos), eles não foram extraídos da experiência (no sentido lato). Cohen (2002, p. 172) destaca que os ensaios de matemática pura de Newton "[...] tendem, muitas vezes, a revestir-se da linguagem e dos princípios da física do movimento. Esse entrelaçamento da dinâmica e da matemática pura também é um traço característico da ciência [...]" newtoniana.

O princípio da gravitação universal é, igualmente, um conceito que deve ser analisado. Pode parecer algo trivial para os doutos em Física, mas não o é. Nota-se isso ao se mencionar, como simples modelo, um pequeno trecho de um livro de textos clássicos utilizado no ensino superior em Física. Sears e Zemanky (2003, p. 1), por exemplo, referem-se à universalidade desta forma:

Esta lei é *universal*: a gravidade atua do mesmo modo entre a Terra e o seu corpo, entre o Sol e um planeta, e entre um planeta e uma das suas luas. Aplicaremos a lei da gravitação para o fenômeno tais como a variação do peso com a altura, as órbitas de um satélite em torno da Terra e as órbitas de planetas em torno do Sol. (grifo do autor).

A maioria dos textos universitários simplesmente omite essa discussão. Tomando Sears e Zemanky (2003) apenas na qualidade de um exemplo do que

acontece também em outros livros-textos, é fácil perceber como os autores não conseguem expressar com clareza o sentido de universalidade.

É evidente que gravidade provém de *gravitas*, substantivo feminino do qual deriva o adjetivo latino *gravis*, referindo-se a algo pesado ou forçoso. Contudo, o sentido na filosofia natural, de modo genérico, sempre foi empregado próximo da acepção de atração; é pesado, pois sofre uma atração. Quanto à universalidade da gravitação, precisa-se de uma reflexão mais profunda. Aristóteles, novamente, aparece como um bom caminho para isso.

Ao distinguir o geral do individual, o Estagirita apresenta o universal como a totalidade plural dos objetos. Dessa forma, o particular seria uma condição oposta ao universal. Uma passagem clássica e muito conhecida a esse respeito está em Aristóteles (1970, XIII, 4, tradução nossa) na qual ele atribui a Sócrates o "descobrimento" do universal.

(Duas coisas, com efeito, podem ser atribuídas a Sócrates com justiça: a argumentação indutiva e a definição universal; essas duas coisas dizem respeito efetivamente ao princípio da ciência). Sócrates, todavia, não reconhecia existência separada dos universais, nem mesmo as definições.

A ciência moderna empregou o universal no sentido ontológico. Assim, a gravitação é universal, visto que orienta a totalidade do mundo, ou seja, a totalidade da natureza física, abrangido o seu alcance ontológico. O mundo é o universo, o todo nos termos aristotélicos.

Todo se diz daquilo que não falta nenhuma das partes e que constitui naturalmente um todo por natureza e que contém as coisas de maneira que elas sejam algo uno; isso pode ser de duas maneiras: pois o bem é uno individualmente, o bem se compõe dessa unidade. O universo, com efeito, e aquilo que se chama, em geral, de todo é universal no sentido de conter muitas coisas, pois se predica de cada uma e porque todas são uma coisa individualmente, por exemplo, homem, cavalo, divindade, haja vista todos serem viventes.⁴⁵ (ARISTÓTELES, 1970, V, 1023b 1024a, tradução nossa).

Universal, na acepção ontológica e objetiva, diz respeito a uma determinação qualquer que pode ser atribuída ou pertencer a várias coisas.

Nas palavras de Cohen e Westfall (2002, p. 310, grifo dos autores), "a palavra *universal* afirma que toda partícula de matéria do Universo atrai todas as partículas de matéria com uma força precisamente definida". Há um pequeno problema na afirmação desses autores, porque o universal não se diz da matéria, mas sim a atração que é dita da matéria. Nesse caso, eles deveriam ter empregado

⁴⁵ Sabe-se da ambigüidade de algumas passagens, porém é consenso entre tradutores manter o texto com esse sentido.

"gravitação universal" no lugar de simplesmente "universal". A questão é sutil, porém muito importante, sobretudo quando se discutem os problemas da determinação causal.

O princípio da gravitação universal fala de uma generalização matemática da lei da gravitação (da atração gravitacional) a todo o universo físico e da estruturação dessa lei por meio de um único princípio matemático. Isto é: a matéria (sujeita a todo o Universo) tem sua atração descrita através da proporcionalidade de suas massas e da razão inversa do quadrado da distância entre elas.

A justificação de Newton sobre as propriedades das qualidades universais encontra-se na terceira regra do "Regulae Philosophandi". Ele inicia essa regra falando a respeito do alcance da verificação experimental da qualidade dos corpos. De modo geral, procura estabelecer um porquê para a generalização de algumas qualidades a todo o universo físico. Para Newton (1934), se as qualidades investigadas não permitirem intensificações nem reduções de seus graus, assim como pertençam a todos os corpos ligados à experiência possível, elas devem ser reputadas como qualidades universais. Em outras palavras, os experimentos justificam a universalidade.

Finalmente, se isso universalmente aparece, pelos experimentos e observações astronômicas, que todos os corpos em redor da Terra gravitam em direção a ela e que isso ocorre na proporção da quantidade de matéria que eles respectivamente contêm [...], deveremos, dentro da consequência dessa regra, universalmente admitir que todos e quaisquer corpos são dotados de um princípio de mútua gravitação. (NEWTON, 1934, p. 399-400, tradução nossa).

Os experimentos com pêndulos foram um aspecto marcante do "estilo newtoniano". Com um deles, Newton põe à prova sua compreensão da gravitação, testando o fato de a quantidade de matéria (ou massa) ser ou não proporcional ao peso. De acordo com Cohen e Westfall, (2002, p. 189), "a experimentação tornou-se um princípio e um método em Newton." Com isso, ele "[...] passou a ver a base experimental de sua filosofia com o traço que a distinguia de todas as outras formas de filosofia natural e a tornava superior a elas."

A defesa de Newton não é algo muito poderoso nem assaz seguro. No entanto, nessas "Regras do raciocínio em filosofia", encontra-se a opinião do amadurecido professor de Cambridge a respeito do que poderia ser um caminho correto (ou melhor, a regra certa) para as indagações da filosofia natural.

As duas primeiras regras já se referem, em um forte ataque, à "pompa das causas supérfluas". Segundo Newton (1934, p. 398, tradução nossa), "não devemos admitir mais causas das coisas naturais, senão aquelas que sejam verdadeiras e suficientes para explicar suas aparições". Ele procura se justificar da omissão sobre a causa da gravitação atacando os defensores da necessidade das explicações causais na filosofia natural.

A omissão e a necessidade causal relacionam-se intimamente com os desafios enfrentados pelo método newtoniano e pelo princípio da gravitação universal. A reflexão anterior sobre os princípios abriu caminho para a compreensão do problema das causas em Newton e sua íntima conexão com o método.

O "Principia" é o maior reflexo de todas essas questões e desafios. Do início ao fim, Newton procurou dar sustentações às suas doutrinas e teorias, bem como defendê-las das censuras de seus oponentes a suas obras anteriores. Nos dois primeiros livros do "Principia", ele estruturou os alicerces dos princípios fundamentais do movimento; foi no terceiro livro, porém, que ele aplicou tais princípios ao Sistema Solar. Com essa aplicação, Newton alegou, na condição de implicação da sua demonstração, a existência de certa atração cósmica mútua entre os corpos massivos do Universo; depois, garantiu que essa atração poderia ser vista como a causa do peso na superfície terrestre.

Por razão dessa afirmação, encontra-se no livro terceiro do "Principia" uma das chaves para se compreender os problemas envolvidos nessa afirmação. Logo na apresentação desse livro, Newton (1934, p. 397, tradução nossa) afirmou o seguinte: "Nos livros precedentes, eu tratei dos princípios da filosofia, mas não dos filosóficos, mas matemáticos: tais que, por saber, nós podemos construir ou refletir sobre as investigações filosóficas". Entretanto, para o livro terceiro, ele havia escolhido um caminho diferente:

Sobre essa situação, eu compusera o livro terceiro com um método popular, a fim de que pudesse ser lido por mais pessoas; todavia, posteriormente, considerando que aqueles que não compreendessem de modo suficiente os princípios não perceberiam com facilidade as suas conseqüências e nem sequer se desfariam dos preconceitos obtidos anteriormente. Por conseguinte, para prevenir as disputas, eu escolho reduzir o conteúdo do livro a proposições (de forma matemática), as quais devem ser lidas somente por aqueles que compreenderam os princípios muito antes. (NEWTON, 1934, p. 397, tradução nossa).

Pode-se interpretar a apresentação do livro terceiro de maneiras diferentes: uma delas refere-se a uma possível fuga de Newton para a matematização, a fim de

evitar as discussões ontológicas que o perseguiram desde a publicação do "De Motu"; outra possibilidade é compreender a intenção dele de não publicar o livro em uma versão mais popular, como o fez com o "Óptica", para evitar interpretações duvidosas e inseguras. O inevitável, contudo, aconteceu; os antigos inimigos de Newton continuaram a criticar a filosofia natural newtoniana, acusando-a com cada vez mais proeminência de acobertar-se na matematização e de encher-se de teoria de forças fictícias.

A verdade é que, independentemente dos seus problemas ontológicos, as proposições desse livro evidenciam uma estrutura cuidadosamente desenvolvida. "Além disso, o sistema final certamente teria parecido transcender a condição de ser um mero constructo do imaginário, na medida em que seus resultados concordavam com muitos tipos de observações diferentes." (COHEN; WESTFALL, 2002, p. 182).

O resultado da teoria newtoniana era o seu grande aliado. Afinal, nenhuma postura filosófica anterior explicou tantos "fenômenos" utilizando-se de apenas um "princípio". A teoria da gravitação universal não somente explicava a condição dos *gravitas* na superfície terrestre como também o motivo de a aceleração ser igual para corpos massivamente diferentes em um dado lugar. Enfim, a variedade de questões que poderiam ser explanadas e resolvidas com o princípio da gravitação universal eram inúmeras. De acordo com Cohen (2002, p. 183), "por se haver considerado que o sistema final conseguido por Newton funcionava muito bem, ele não mais teve de ser tratado como um constructo imaginário."

Ainda assim, como bem lembra Cohen (2002, p. 179), o próprio Newton demonstrava certa insegurança quanto ao seu sistema. "Em documentos particulares [...] e em suas muitas tentativas de explicar como era possível a ação da gravidade", muitas vezes ele buscava explicações fortemente baseadas em crenças pessoais, "dando o devido peso às questões mais amplas de natureza filosófica". Em outras palavras, o método (o estilo) de Newton não parecia seguro para o seu próprio autor. Com isso, é forçosa a escolha da primeira opção para se interpretar os motivos da demasiada matematização no livro terceiro e defendida na introdução deste.

De fato, Newton começa o "Livro III" estudando seis fenômenos solares, os quais foram obtidos por meio da observação e de cálculos astronômicos. Posteriormente, apresenta a lei do inverso quadrado como uma solução descritiva para o fato de os planetas circunjovianos, os planetas primários e a Lua serem

mantidos em suas órbitas por uma força. A prova matemática maior dessa demonstração encontra-se nas quatro primeiras proposições da determinação das forças centrípetas da "Seção II" do "Livro I". Eis o enunciado dessas proposições:

As áreas que os corpos se revolvem descrevem pelos raios traçados até um centro imóvel de força, realmente situam-se nos mesmos planos imóveis, bem como são proporcionais aos tempos nos quais elas são descritas.

Todo corpo que se move em qualquer linha curvilínea descrita num plano (e por um raio desenhado até um ponto imóvel ou que se move com um movimento reto uniforme) descreve em torno desse ponto áreas proporcionais aos tempos, assim como é empurrado por uma força centrípeta dirigida para aquele ponto.

Todo corpo, que por meio de um raio desenhado até o centro de outro corpo (o qual é movido por alguma razão) descreve áreas proporcionais aos tempos em torno daquele centro, é empurrado por uma força composta da força centrípeta, que se estende para aquele outro corpo, e de toda a força capaz de provocar aceleração pela qual outro corpo é impelido.

As forças centrípetas dos corpos, que por movimentos iguais descrevem círculos diferentes, tendem para os centros dos mesmos círculos: elas estão umas para as outras assim como os quadrados dos arcos descritos em tempos iguais divididos pelos raios dos círculos. (NEWTON, 1934, tradução nossa).

Evidentemente, tais proposições ou teoremas estão citados na mais pura descrição matemática. A isso também se aplicam as três primeiras proposições do "Livro III". A problemática, todavia, situa-se na seguinte afirmação de Newton (1934, p. 407, tradução nossa), contida na quarta proposição do terceiro livro: "que a gravidade da Lua em direção à Terra, e pela força da gravidade é continuamente puxada do seu movimento retilíneo, e mantida na sua órbita". Ao mencionar que as forças referidas nas proposições antecedentes eram a força da gravidade, Newton provoca um duro rompimento ontológico.

Ora apoiando-se na mais pura demonstração matemática, ora buscando ajuda das suas "Regras para o raciocínio", ao longo do livro terceiro do "Principia", Newton procurou evidenciar a completa universalidade da gravitação. As forças, de modo definitivo, deixaram o plano matemático e passaram para uma espécie de analogia com o plano físico e real. Nas palavras de McGuire e Rattansi (1966, p. 2, tradução nossa): "por isso, é uma afirmação sobre uma força real no mundo físico, incorporando a célebre prova de que a força gravitacional com a qual os objetos terrestres são atraídos para a Terra é a mesma com que esta puxa a Lua na sua trajetória inercial".

Conforme Cohen (2002, p. 179), Newton realmente havia provado a equivalência entre os seus constructos matemáticos e o mundo físico. Essa passagem dos constructos matemáticos para os conceitos físicos se revelou um

análogo próximo ao universo físico; da mesma forma, provou que a gravidade agiria de acordo com os axiomas do "Livro I". "O problema, portanto, era como explicar a ação dessas forças"; a questão não era mais o resultado da física matemática newtoniana, mas sim o porquê da ação da gravidade.

4.7 O MÉTODO, AS CRENÇAS PESSOAIS E A CAUSA DA GRAVITAÇÃO

A subordinação do Universo à explicação matemática passa a colocar todos os componentes do cosmos em um mesmo plano ontológico. O mundo estava sujeito a uma força que poderia ser explicada e analisada matematicamente; não obstante, essa mesma força misteriosa carecia de uma explicação causal convincente. Foi nessa situação que o princípio da gravitação universal uniu o mundo da *physica caelestis* e o mundo da *physica terrestris*.

Koyré (1965) comenta a importância dessa interdependência entre a física e a astronomia, haja vista ela ter apresentado um cosmos diferente: um lugar onde o Universo poderia se mostrar indefinido e, até mesmo, infinito, deixando seus laços com as estruturas imanentes para trás. Agora, o Universo identificava-se pela igualdade de seus conteúdos e leis fundamentais.

Valer-se das abastanças e das descobertas desse novo princípio simbolizava também duras abdições.

Isso, de quando em quando, implica o desaparecimento – ou a expulsão violenta – do pensamento científico todas as considerações baseadas em valor, perfeição, harmonia, significado e desígnios, por razão desses conceitos, a partir de agora meramente subjetivos, não poderem ter seu lugar na nova ontologia. (KOYRÉ, 1965, p. 7, tradução nossa).

Koyré (1965) naturalmente se refere à omissão das explicações baseadas em causas formais e finais. As explicações da nova ontologia (propostas pela ciência moderna) abdicavam das condições necessárias daquilo em vista de que algo se produz e de que algo é feito.

Dessa maneira, as preocupações com a determinação das causas finais e formais relativas à gravidade não se faziam mais obrigatórias. Os novos filósofos naturais renunciaram à determinação da realidade ontológica da gravitação. Em outras palavras, determinar o objetivo da gravidade deixou de fazer sentido; não

havia mais necessidade para a compreensão do objetivo final da gravitação. O cientista moderno também abriu mão das determinações relacionadas com as formas preexistentes, ou seja, as qualidades formais que dariam motivo à gravitação. Na verdade, tudo era uma consequência inevitável, pois a explicação matemática não permitia tais indagações: no mundo das matemáticas não existem qualidades. Era o fim das explicações baseadas nas causas formais e nas causas finais.

A argumentação matemática de Newton não mostra, é claro, que no movimento orbital dos planetas ou dos satélites planetários esses corpos sofram a ação de uma força física; Newton mostra apenas que, dentro do arcabouço conceptual das forças e da lei da inércia, as forças que agem sobre os planetas e satélites devem ser dirigidas para um centro e devem também variar em proporção inversa ao quadrado da distância. Mas, na hierarquia da explicação causal, o resultado newtoniano acaba nos orientando para a busca das possíveis propriedades físicas e do modo de ação dessa força, dirigida para o centro, que varia com o inverso do quadrado da distância. No modo de análise newtoniano, o importante é que não há necessidade de especificar, nessa primeira etapa da análise, de que tipo de força se trata nem de que modo ela age. (COHEN, 2002, p. 170).

Newton se tornou um dos grandes símbolos das omissões das explicações causais. Em carta para Bentley, ele profere:

Você, certas vezes, fala da gravidade como essencial e inerente à matéria. Peço-lhe que não atribua essa noção a mim, uma vez que a causa da gravidade eu não tenho a pretensão de saber. Por essa razão, levaria muito mais tempo para considerá-la. Eu temo que meu dito a respeito do infinito tenha lhe parecido obscuro. (NEWTON, 1692, tradução nossa).

O autor do "Principia" tenta demonstrar ao público geral sua pouca preocupação com a causa final da gravidade. Contudo, em vários textos pessoais e em alguns artigos, Newton se posicionava de modo diferente. Mesmo assim, alguns dos seus principais seguidores, como é o caso de MacLaurin, propagam o desprezo pelas explicações causais.

Tal foi o método de nosso filósofo incomparável, cuja cautela e modéstia sempre haverão de honrá-lo imensamente na opinião dos não-preconceituosos. Mas esse procedimento rigoroso não agradou àqueles que estavam acostumados a tratar a filosofia de maneira muito diferente, e que perceberam que, ao seguir esse método, teriam que desistir de seus sistemas favoritos. As observações e o raciocínio de Newton eram impecáveis; assim, não encontrando nada a lhes objetar, eles se empenharam em atacar o caráter da filosofia newtoniana através de insinuações indiretas gerais e, vez por outras, de calúnias injustas. Fingiram encontrar uma semelhança entre as doutrinas dele e os dogmas rejeitados da filosofia escolástica. (MACLAURIN, 2002, p. 162).

MacLaurin era um entusiasta do método newtoniano. Suas defesas apaixonadas tentavam defender a concepção newtoniana muitas vezes sem qualquer embasamento concreto. A principal preocupação era com as acusações de

que a ciência newtoniana defendia as explicações vinculadas a causas ocultas e a milagres. Na verdade, a física newtoniana é repleta de alguns conceitos obscuros. Aos olhos contemporâneos, os vocábulos força e atração são sempre sujeitos à cientificidade da ciência de Newton; mas suas origens são muito obscuras, muito aproximadas à magia e, principalmente, à doutrina escolástica.

No "Principia", o professor do Trinity College tentou ocultar a obscuridade desses conceitos esclarecendo que sua maior intenção era de dar apenas uma noção matemática das forças, ou seja, ele não pretendia explicar suas causas ou suas origens físicas (NEWTON, 1934). É exatamente essa concepção que perdurou na ciência.

O conceito de força nos fornece uma descrição quantitativa da interação entre dois corpos ou entre o corpo e seu ambiente. [...] A força é uma grandeza vetorial [...]. Logo, para descrever uma força, além da direção e do sentido, precisamos descrever seu módulo, que especifica "quanto" ou "a intensidade" com que a força puxa ou empurra. (SEARS; ZEMANSKY, 2003, p. 90-91).

Esse exemplo, retirado de um texto usual da literatura universitária, com facilidade pode mostrar como há uma omissão da explicação física das forças. A elucidação física é substituída por uma descrição puramente matemática da noção em questão. Entretanto, o "Principia" não consegue exonerar-se de muitos outros conceitos que acompanham a noção de força.

Uma força imprimida é uma ação exercida sobre um corpo, a fim de modificar o estado deste, seja de repouso ou de movimento uniforme em linha reta.

Essa força se constitui apenas em ação, mas não permanece no corpo quando a ação termina. Porque o corpo mantém qualquer novo estado que adquire, por meio da sua inércia somente. Contudo, as forças imprimidas têm origens diferentes, assim como a partir da percussão, da pressão, da força centrípeta. (NEWTON, 1934, p. 2, tradução nossa).

No aristotelismo, o princípio primeiro de uma mudança ou do repouso é uma causa eficiente, aparecendo como uma condição de um dado fenômeno que produz outro fenômeno ou estado (ARISTÓTELES, 1995, II, 3). Em outros termos, pode-se compreender uma causa eficiente como um agente qualquer que executa uma intervenção ativa, por meio de uma ação, e gera um efeito.

Nos termos das "Definições" de Newton, força nada mais é do que a ação causal; naturalmente, isso é uma causa eficiente. Ele procurou destacar no seu principal trabalho a descrição matemática das forças, mas as "Definições", entre outras coisas, podem ser entendidas no espectro da ontologia da natureza física. O

conceito de força também vem acompanhado de alguns adjetivos, sendo o caso da *vis insita* (*vis inertiae* ou força inata da matéria) e da *vis centripeta* (força centrípeta).

A *vis insita*, ou força inata da matéria, é um poder de resistência, pelo qual qualquer corpo, independentemente do seu estado, permanece em repouso ou em movimento uniforme em linha reta.

A força centrípeta é aquela pela qual os corpos são puxados ou repelidos, ou tentem de qualquer modo, para um ponto assim como para um centro. (NEWTON, 1934, p. 2-3, tradução nossa).

Por exemplo, no que diz respeito à força de inércia, Newton procurou destacar logo no início da "Definição 3" o caráter quantitativo dessa noção; destarte, essa força seria sempre proporcional ao corpo a que pertence, não diferindo da inatividade da massa (NEWTON, 1934). Não é difícil perceber como há uma clara mistura de explicação puramente ontológica com demonstrações e descrições no âmbito da matemática.

Independentemente das muitas complexidades, os seguidores do "método newtoniano" propagaram a concepção de uma nova ciência desprovida de qualquer noção de potência, de qualidades ocultas da matéria, de concepções metafísicas ou teológicas, da omissão das necessidades explicativas das causas eficientes ou formais e outras coisas afins. Talvez tudo se justifique pelas próprias defesas apresentadas no decorrer do texto do "Principia".

Ainda nas "Definições", o professor do Trinity College se defende dizendo:

[...] uso as palavras atração, impulso ou qualquer tipo de propensão para um centro, promíscua e indiferentemente, considerando essas forças não fisicamente, mas de modo matemático. Por essa razão o leito não deve imaginar que, por meio dessas palavras, eu de algum modo esteja sugerindo uma definição, quer especial, quer modular, de alguma ação, bem causas ou razões físicas, ou ainda que eu atribua forças quaisquer, em um sentido verdadeiro e físico, para certos centros (os quais são somente pontos matemáticos), quando falo de algum centro na qualidade de atrativos ou dotados de forças de atração. (NEWTON, 1934, p. 5-6, tradução nossa).

Na "Questão 31" do "Óptica", Newton (1952, p. 376, tradução nossa) posiciona-se de modo semelhante:

Como essas atrações podem ser exercidas, eu não considero aqui. O que eu chamo de atração pode ser exercida, quer por impulso, quer por outro meio desconhecido para mim. Eu uso esse termo aqui para designar, em geral, somente qualquer força pela qual os corpos tendem para os outros, independentemente da sua explicação causal. Pois nós devemos aprender com os fenômenos da natureza que corpos atraem uns aos outros e, assim, investigar quais são as suas leis e propriedades da atração, antes mesmo de indagarmos sobre a causa pela qual a atração é exercida.

No contexto das controvérsias com Leibniz, a Royal Society publicou um livro, o qual tinha como principal intenção provar que Newton era o criador do cálculo e que o filósofo alemão o plagiara. Hoje se sabe que o autor desse livro foi o próprio

Newton. Ele, na condição de presidente da instituição, havia apenas registrado (em sigilo) o livro, publicando-o em nome da sociedade. O mais interessante, todavia, encontra-se no fato de o texto também ter sido utilizado como um argumento de defesa contra as acusações relativas às causas e às qualidades ocultas da matéria. Em uma das suas passagens, o então presidente da Royal Society, escrevendo sobre si na terceira pessoa, afirma:

[...] ele menciona [Newton] as mesmas atrações como forças que, pelos fenômenos, parecem existir na natureza, mesmo que suas causas ainda não tenham sido conhecidas, distinguindo-as das qualidades ocultas que são supostamente inerentes às formas específicas das coisas. (NEWTON, [171-], p. 28, tradução nossa).

O contexto em que se insere essa citação é o mesmo de uma frase muito famosa da nova ciência: *hypotheses non fingo* (ou, em bom português, não finjo hipóteses). No "Escólio Geral" das "Demonstrações", Newton disse que não inventava hipóteses, haja vista ele as ter deduzido diretamente dos fenômenos; no fundo, isso refletia uma grande preocupação por parte do professor lucasiano, pois, para ele, na filosofia experimental, não haveria lugar para nenhuma qualidade oculta ou hipóteses puramente metafísicas. As proposições particulares deveriam ser deduzidas dos fenômenos e, em seguida, generalizadas com o uso da indução (NEWTON, 1934).

Contudo, um pouco antes, o mesmo texto do "Escólio Geral" do "Livro III" não divulga a cientificidade descritiva proposta por Newton.

Nós o conhecemos somente pela sua mais profunda sabedoria e sua excelente habilidade de criação das coisas e pelas causas finais; nós o admiramos pela perfeição dele; mas, nós o reverenciamos e o adoramos por sua autoridade máxima. Pois, nós o adoramos como seu servente; e um deus sem dominação, providência e causas finais não é nada, a não ser o Destino e a Natureza. (NEWTON, 1934, p. 576, tradução nossa).

Com isso, Newton se refere às causas finais – tão problemáticas, omitidas e discutidas na sua teoria – como atributos do deus judeu-cristão. Há, sem dúvidas, um rompimento significativo com a própria proposta da filosofia experimental defendida. Na seqüência do texto, ele enuncia:

Até agora, nós explicamos os fenômenos dos céus e do nosso mar pelo poder da gravidade, mas não designamos ainda a causa desse poder. Isto é certo: ele deve provir de uma causa que penetra no próprio centro do sol e dos planetas, sem sofrer a mínima diminuição de sua força; ele não opera de acordo com a quantidade das superfícies das partículas sobre as quais atua (como as causas mecânicas costumavam agir), mas conforme a quantidade de matéria sólida que elas contêm, bem como propaga sua virtude sobre todos os lados por imensas distâncias, descrevendo sempre em proporção duplicada [inversa] da distância. (NEWTON, 1934, p. 576, tradução nossa).

Assim, é fácil concluir que o método em Newton é como uma função de muitas variáveis; sua dependência não se encontra somente na matematização, na discussão ontológica das causas ou na experimentação.

Indubitavelmente, o professor lucasiano procurou se defender várias vezes utilizando-se da experimentação focada da indução; ele se preocupava principalmente com os milagres e as qualidades ocultas. Segundo Cohen (2002, p. 177), Newton "negava vigorosamente a importância dos milagres, para sua filosofia natural, no sentido de suspensão das leis comuns da natureza", mesmo com as atribuições das causas finais relacionadas com uma divindade superior; "negava também ter reintroduzido na ciência as qualidades ocultas "da filosofia escolásticas", ainda que tenha se utilizado de termos obscuros como força e atração.

Evidentemente, não é possível compreender todos os problemas relacionados com a indefinição das causas finais e formais, caso tais aspectos não sejam confrontados com a função da experimentação e da matematização em Newton. Contudo, outros desafios eram muitíssimo íntimos dessa situação, como o valor das hipóteses e o papel de Deus no universo newtoniano.

4.7.1 O valor das hipóteses e o papel de Deus na doutrina newtoniana

De fato, a história da noção de hipóteses é rica demais para ser tratada com totalidade aqui. Entretanto, o vocábulo grego *hupóthesis* > *hypothesis* é literal e normalmente traduzido por especialistas como "algo posto por baixo", em outras palavras, é a idéia fundamental, o postulado, o princípio ou o fundamento de algo.

Na "República", Platão (1665, 533a) se expressa por meio de uma passagem bem conhecida de Sócrates e Glauco, na qual a concepção de hipótese é trazida à tona do seguinte modo:

Quanto às que fazem exceção, e que, como dissemos, apreendem algo da essência – a geometria e as artes que se lhe seguem – vemos que conhecem o ser apenas, em sonho e que lhes será impossível ter uma visão real dele, enquanto considerarem intangíveis as hipóteses de que se servem, por não poderem apresentar as razões destas.

A discussão aqui se concentra em torno do fato de uma reflexão a respeito de um método que possa, entre outras coisas, compreender "epistemicamente" a

essência de cada coisa. A matemática, de modo nítido, representada pela geometria, na concepção exposta, teria como central a característica de não emitir hipóteses, ou seja, não possuir as hipóteses na condição de princípios; essa propriedade da geometria, segundo Platão, deve-se ao fato de ela não ser capaz de explicar as hipóteses. Assim, genericamente, a concepção de hipótese seria aquela da qual algumas conseqüências podem ser extraídas de um "acontecimento" ou um "fato" suposto.

A primeira análise lógica das hipóteses é estruturada por Aristóteles. O Estagirita, assim como Platão, também relaciona as hipóteses com suas conseqüências. Eis uma passagem relevante do "Física" a esse respeito:

Todas as causas aqui mencionadas caem em quatro modos mais manifestos. Pois as letras das sílabas, bem como a matéria dos fabricáveis, o fogo e, entre os corpos, os que são desses tipos, assim como as partes do todo e as hipóteses da conclusão, são causas como aquilo *a partir de que*, desses itens, uns são causa como o subjacente (por exemplo, as partes), ao passo que outros são causa como o *qué-era-ser*. (ARISTÓTELES, 2009, Livro II, 195a)

Para entender essa passagem, é importante notar que esse trecho do "Livro II" do "Física" é muito conhecido pela razão de trazer uma notável discussão sobre o que é o conhecer na concepção aristotélica. Para o tutor de Alexandre, o conhecer nada mais é do que conhecer o porquê das coisas (ARISTÓTELES, 1995, Livro II, 194b 16). Dessa forma, apresenta-se a noção das quatro causas como um princípio para a possibilidade de conhecer algo.

No parágrafo explicitado, segundo Angioni (2009, p. 243), Aristóteles apresenta as premissas para designar as causas materiais de uma dada conclusão, "[...] pois são aquilo *de onde* ou *de que* procede a conclusão". O mesmo tradutor diz que, por outro lado, as hipóteses servem para designar as premissas, "entendidas como aquilo que se assume previamente, como fundamento do qual se depreende a necessidade da conclusão".

De um modo mais claro e geral, pode-se dizer que as hipóteses continuam presas àquelas conseqüências apresentadas por Platão; contudo, em Aristóteles, elas assumem a postura de ser um "enunciado", uma "sentença" ou uma "proposição" que antecede outro enunciado e, assim, constituem seu fundamento. Não obstante, ainda seguindo as explicações de Angioni (2009), percebe-se nos "Segundos Analíticos" um sentido mais estrito para hipóteses, bem com mais ancorado na estrutura lógica:

[...] é hipótese a que assume qualquer uma das partes da contradição, isto é, que algo é o caso, ou que algo não é o caso; definição, por sua vez, é aquela que é sem isso. Com efeito, a definição é tese [...], mas não é hipótese; pois não são o mesmo "o que é a unidade?" e "ser o caso a unidade". (ARISTÓTELES, 2004, 72a 18).

De acordo com Angioni (2004, p. 76-77), essa apresentação do conceito de hipótese tem sido compreendida como uma asserção de existência, ou seja, "existem números", "números são o caso" etc. Entretanto, como é possível atentar, "o problema é que uma concepção assim restrita de hipótese não é compatível com outros usos do mesmo termo, nos quais ele designa proposições que, certamente, não podem ser tomadas como meras asserções de existência". O mesmo tradutor mostra uma solução possível, baseada diretamente na tradução, na qual ser uma hipótese "[...] seria, simplesmente referir uma pretensão de verdade a um fato cuja análise resultaria em predicação". Isto é, intrinsecamente: "[...] atribuir existência e objetividade a fatos proposicionais."

Dessa maneira, quando uma dada proposição hipotética passa a ser verificada, ela deixa de ser uma hipótese. Com isso, o Estagirita apresenta uma definição de hipótese muito próxima, no sentido lato, da concepção utilizada hoje em dia: quando alguém aceita uma hipótese qualquer o faz por convenção, mesmo sabendo da legitimidade não-comprobatória das suas definições.

De modo geral, o termo hipótese não teve um aprofundamento significativo até o surgimento da ciência moderna. Com o fortalecimento das características indutivistas e descritivistas da nova ciência, o conceito de hipótese, principalmente o valor hipotético das teorias físicas, voltou a ser de grande importância.

Isaac Newton tornou-se o filósofo natural que mais bem expressa essa preocupação: "[...] até agora, eu não sou capaz de descobrir a causa dessas propriedades da gravidade a partir dos fenômenos e não invento hipóteses." (NEWTON, 1934, p. 547, tradução nossa). Ele procurou vulgarizar o valor das hipóteses em seus trabalhos; todavia, buscou muitas vezes, ao longo de sua carreira, hipóteses para a causa da gravidade, incluindo a ação contínua de Deus (como já se viu) na qualidade de causa final da gravitação. Mesmo assim, a mais famosa sentença do "Escólio Geral", *hypotheses non fingo*, foi sempre apresentada como um grande símbolo do estilo newtoniano.

Os seguidores mais francos e diretos do estilo newtoniano levaram com seriedade a vulgarização das hipóteses. MacLaurin (2002, p. 160), na sua clara defesa à filosofia de Newton contra "os grandes desestímulos nas eras da

obscuridade e superstição", critica fortemente "a liberdade de inventar princípios e hipóteses a partir dos quais afirmassem explicar todos os mistérios da natureza". Colin Maclaurin expressava-se de modo contrário àqueles que criavam princípios e hipóteses deliberadamente; o sentido de hipótese assumia uma concepção completamente pejorativa para a ciência baseada em princípios matemáticos e estruturados por meio da verificação experimental.

Para Cohen e Westfall (2002, p. 145), ao expressar com veemência que não inventava hipóteses, "Newton parecia estar dizendo não seguir o estilo de Descartes, que havia introduzido a ficção de imensos vórtices de uma matéria invisível que girava no espaço, carregando os planetas em suas órbitas". O professor de Cambridge deixa clara sua posição na "Regra 4", na qual expressa a importância de os argumentos da indução não se evadirem pelas hipóteses.

Na filosofia experimental, nós olhamos com respeito para as proposições coletadas pela indução geral a partir dos fenômenos, com exatidão ou muito próximo da verdade, apesar de quaisquer hipóteses contrárias que possam ser imaginadas, até que, em um dado momento, outro fenômeno ocorra, pelo qual ele possa ser realizado de modo mais exato ou propenso a exceções. (NEWTON, 1934, p. 400, tradução nossa).

Mesmo o estilo newtoniano ainda apresentando certos problemas, ele havia chegado à sua estrutura definitiva.

Desde a sua juventude acadêmica, Newton demonstrou forte interesse em uma reformulação do método da nova ciência. No "Principia", o amadurecimento sobre essa questão já era bem mais claro; a demonstração fortalecida pelo poder da experimentação, juntamente com a vulgarização da física hipotética de Descartes, passou a ser uma das características principais do estilo newtoniano.

Em resposta ao padre Ignace Pardies, Newton procurou exemplificar de que modo as hipóteses poderiam ser úteis para a nova ciência, opondo-se à proposta utilizada pelos mecanicistas em geral. Ele naturalmente estava tentando, mais uma vez, defender-se de uma possível qualidade hipotética de sua teoria. O mesmo padre francês tempos antes havia chamado a teoria de Newton de hipótese, o que provocou certa indignação por parte do filósofo britânico. Dessa forma, em carta, Newton buscou destacar que as hipóteses só poderiam ter validade na medida em que pudessem propor novos experimentos. Nas palavras de Newton (1672 apud COHEN; WESTFALL, 2002, p. 147-148):

[...] [a] melhor e mais segura maneira de filosofar parece consistir, primeiro, em investigar diligentemente as propriedades das coisas e estabelecer

essas propriedades por meio de experimentos, e depois, em proceder com mais vagar em direção a hipóteses para a explicação deles.

De acordo com Shapiro (2002, p. 240), o mecanicismo cartesiano, bem como de outras correntes posteriores à física aristotélica e escolástica, firmavam uma forte oposição ao aristotelismo; a física aristotélica alegava ontologicamente que compreender o funcionamento interno da natureza era uma das necessidades para se conhecer, enquanto os mecanicistas declaravam a impossibilidade da determinação desse funcionamento interno. Dessa maneira, restaria ao filósofo natural apenas fazer uma descrição mais provável a fim de explicar os fenômenos, isto é, formular hipóteses. No entanto, a formulação de tais hipóteses mostrou-se rapidamente fora de controle; não foram poucos os modelos criados pelo simples livre-arbítrio do intelecto. A imaginação dos mecanicistas estava transformando a ciência moderna em uma mera conjectura sobre mecanismos invisíveis e hipotéticos. "O objetivo de Newton era substituir essas explicações quantitativas probabilísticas e fundar uma nova espécie de certeza e verdade". Para isso, a descrição da natureza deveria se dar por meio de princípios matemáticos, baseando-se também "[...] no fenômeno, ou na experimentação e observação."

A essência do que Newton pretendia dizer está intimamente ligada ao sentido de hipótese muito próximo à noção de opinião. Como se viu anteriormente, no "Commercium Epistolicum", ele critica a postura mecanicista por atulhar a filosofia de opiniões, as quais não poderiam ser comprovadas pelos fenômenos. Por essa razão, defende a experimentação como o caminho mais seguro para a verdade; assim, somente os experimentos poderiam servir de conclusão epistêmica para algo.

Em sua carta de fevereiro de 1672 para Oldenburg, o jovem Newton já parecia seguro a esse respeito; pois, ao falar sobre suas conclusões acerca da origem das cores, ele afirma:

Eu devo dizer quanto a isso que elas [as conclusões] não são hipóteses, mas sim as mais rígidas conseqüências, não conjecturadas pela simples inferência, pois é assim e não de outro modo ou porque satisfaz o fenômeno (tópico universal dos filósofos), porém evidenciados pela mediação dos experimentos, concludentes diretamente e sem qualquer suspeita de dúvida. (NEWTON, 1972, tradução nossa).

Seguindo o exemplo dos experimentos a respeito da "Hipótese da Luz", na "Seção 6" do "Livro II" do "Principia", o filósofo de Woolsthorpe falou de um experimento que, de certo modo, serviu para abalar sua confiança nas hipóteses do éter cósmico.

Recentemente, desde que a opinião de alguns a respeito da existência de certo meio etéreo raro e tênue, o qual livremente perpassa os poros dos todos corpos e, a partir de tal meio, que dessa maneira permeia o poros dos corpos, deve de algum modo necessário exercer uma resistência, a qual nós experimentamos nos corpos em movimento e que é realizada sobre suas superfícies externas, eu pensei no seguinte experimento.⁴⁶ (NEWTON, 1934, p. 325, tradução nossa).

De acordo com Cohen e Westfall (2002, p. 189), "a experimentação tornou-se um princípio e um método para Newton", e a base experimental da sua filosofia passou a ser o traço mais marcante da ciência newtoniana. Nesse mesmo caminho, a abertura do "Livro I" do "Óptica" apresenta a seguinte afirmação: "Meu intento neste livro não é explicar as propriedades da luz por meio de hipóteses, mas sim propô-las e prová-las com o uso da razão e dos experimentos" (NEWTON, 1952, p. 1, tradução nossa).

Para Hall e Hall (2002, p. 102), "Newton tentou repetidamente convencer-se de que havia provas experimentais suficientes para proporcionar uma base sólida para a uma teoria definitiva, e repetidamente ficou claro que não havia". Por isso, percebe-se com facilidade que o propósito dos experimentos do "Óptica" era muito mais propagar a autoridade da teoria newtoniana perante a sociedade científica do que contrapor-se às hipóteses. No período de publicação do "Óptica", o filósofo de Woolsthorpe já possuía um grande poder social; mesmo assim, conforme Schaffer (2002, p. 266), Newton valeu-se de sua influência para atacar seus críticos, "sobretudo contra o que percebeu como uma conspiração encabeçada por Leibniz e pelos autores do jornal *Acta Eruditorum*, de Leipzig". As ações do filósofo de Woolsthorpe não se resumiam apenas à perícia e à autoridade dos experimentos; também se utilizou constantemente dos recursos da sua presidência na Royal Society.

Isaac Newton assumiu a postura de que a força dos experimentos o livraria de qualquer acusação em relação a qualidades ocultas e a milagres. A sua grande preocupação fica clara quando ele busca deliberadamente justificar a ausência das explicações causais baseando-se no simples fato de elas ainda não terem sido descobertas. No "Commercium Epistolicum", Newton tenta deixar claro o afastamento entre as possíveis qualidades ocultas, que decorreriam das formas específicas das coisas, e a ausência de explicações das causas finais, simplesmente por ainda não

⁴⁶ Nos parágrafos seguintes, Newton apenas descreve o experimento realizado.

as conhecer. Fundamentando-se, mais uma vez, na força dos experimentos, o então presidente da Royal Society ataca claramente Leibniz.

Isso deve ser considerado, pois esses dois cavalheiros diferem muito na filosofia. Um deles procede utilizando-se de evidências retiradas dos experimentos e dos fenômenos, parando quando faltam evidências; o outro se abraça com hipóteses e as propõe sem examiná-las com experimentos, mas para se acreditar nelas sem examinação. (NEWTON, [171-], tradução nossa).

No "Óptica", a fim de se defender contra o caráter hipotético das teorias, Newton lança mão de uma espécie de retorno aos antigos, justificando a omissão das explicações causais.

Para rejeitar certo meio, nós temos a autoridade daqueles mais velhos e mais celebrados filósofos da antiguidade grega e fenícia, os quais fizeram do vácuo, dos átomos e da gravidade destes o princípio de suas filosofias, tacitamente atribuindo a gravidade a alguma outra causa que não fosse a matéria densa. (NEWTON, 1952, query 28, tradução nossa).

O meio mencionado por Newton é aquele pelo qual a luz, consistindo em uma pressão ou movimento, propaga-se por meio dele. Naturalmente o que estava em jogo era a "Hipótese da Luz". Na seqüência:

Os filósofos posteriores baniram a consideração de tal causa para fora da filosofia natural, dissimulando hipóteses a fim de explicar todas as coisas mecânicas, bem como referindo outras causas à metafísica, enquanto que a principal empreitada da filosofia da natureza é argumentar a partir dos fenômenos sem fingir hipóteses e deduzir causas a partir dos efeitos, até nós chegarmos às causas finais, as quais certamente não são mecânicas. (NEWTON, 1952, query 28, tradução nossa).

Em essência, a "Questão 28" apresenta a rejeição a qualquer fluido denso que pudesse, de alguma maneira, preencher o espaço. Contudo, essa passagem é muito conhecida, não apenas por apresentar esse retorno aos primórdios da filosofia grega e por rejeitar o vácuo, mas principalmente pelo claro ataque aos "filósofos posteriores", aos quais poderiam ser adicionados Leibniz e Descartes. Acima de tudo, Newton tenta deixar claro que a principal tarefa da filosofia deve consistir em extrair dos fenômenos os seus argumentos e procurar as causas por meio dos efeitos.

No "Epistolicum", Newton ([171-], tradução nossa) comenta essa mesma questão:

Deve a filosofia experimental ser explorada na qualidade de algo miraculoso ou obscuro, porque não afirma nada além do que pode ser obtido por meio dos experimentos e, além disso, por nós ainda não conseguirmos provar pelos experimentos que todo o fenômeno natural pode ser solucionado pelas meras causas mecânicas? Certamente que essas coisas desejam ser mais bem consideradas.

Não são poucas as controvérsias a respeito do estudo das hipóteses na física newtoniana; pelo seu amplo repertório, é quase sempre possível buscar vários argumentos, como o de que Newton aceitava o uso das hipóteses ou mesmo as excluía definitivamente da ciência moderna. Pode-se, todavia, resumir essa questão seguindo alguns passos.

Inicialmente, ao se falar do estilo newtoniano e sua relação com as hipóteses, é importante perceber a posição epistemológica assumida pelo professor lucasiano: as hipóteses não incluem, bem como não possuem, qualquer princípio de uma teoria (ou mesmo leis). Dois motivos basais estão em discussão: um refere-se ao *status* das hipóteses, e o outro ao fato de que as hipóteses são mais gerais do que os princípios. O último ponto é uma questão relevante do método newtoniano e está intimamente ligado ao problema da análise e da síntese; esse fato considerável do método, também conhecido como problema da composição e da decomposição, é exposto de modo minucioso nas passagens mais metodológicas do "Óptica", isto é, nas chamadas "Questões".

Newton (1952, tradução nossa) evidencia essa problemática na "Questão 31" do "Óptica":

Assim como na matemática e também na filosofia natural, a investigação das coisas difíceis pelo método da análise deve necessariamente preceder o método da composição. Essa análise consiste em realizar experimentos e observações, além de, por meio da indução, executar esboços gerais e não dar margens para objeções contra as conclusões, a não ser que sejam retirados dos experimentos ou de outras verdades mais confiáveis.

Por essa razão, as hipóteses não poderiam ter lugar na filosofia experimental. De acordo com Newton (1952), mesmo que a argumentação extraída por meio da indução dos experimentos não possibilite uma conclusão geral, ela ainda assim seria a melhor e mais segura forma de se argumentar sobre a natureza das coisas. Com clareza, isso possuiria uma dependência direta com a generalidade da indução em questão, ou seja, quanto mais geral fosse a indução, maior e mais segura poderia ser a capacidade de argumentação. Destarte, o método da análise seria: "[um] proceder dos compostos para os ingredientes, e dos movimentos para as forças que os produzem, e, em geral, dos efeitos para as causas, e das causas particulares para as mais gerais, até que o argumento termine no mais geral." (NEWTON, 1952, query 31, tradução nossa). A síntese, entretanto, pode ser definida como: "[um] ostentar a descoberta das causas e estabelecê-las como princípios,

bem como, por essas conclusões, explicar os fenômenos provenientes delas, e comprovar explicações."

MacLaurin (2002, p. 161), na qualidade de um dos seguidores do estilo newtoniano, não poupa defesas ao método newtoniano da análise e da síntese. Segundo ele, com base na observação e procedendo analiticamente, o professor lucasiano havia chegado à gravitação como um princípio geral e à descoberta das propriedades da luz; o mesmo autor também comenta que, por meio da síntese, Newton havia evidenciado muitos fenômenos curiosos, mas omite quais seriam estes. Da mesma forma, o matemático inglês afirma que, "enquanto demonstrava desse modo um grande número de verdades, ele não pôde deixar de deparar com indícios de muitas outras coisas que sua sagacidade e sua observação e sagacidade lhe sugeriram". Assim, ele defende Newton por ter negligenciado essas observações e tê-las colocado "humildemente" nas chamadas "Questões" do "Óptica".

Para Cohen (2002, p. 166-167), "o estudo cuidadoso, entretanto, mostra que o procedimento de Newton na filosofia natural experimental é exatamente o inverso"; a ação metodológica realmente empregada não era a mesma da análise e da síntese na matemática. Como já se falou anteriormente, para compreender a totalidade do método newtoniano, deve-se procurar um plano mediador entre estudo das causas finais e metafísicas, a fim de se buscar a elucidações matemáticas das suas ações.

Newton gostaria que acreditássemos que eles mesmos seguiram esse roteiro; primeiro, revelar através da "análise" alguns resultados simples que tivessem sido generalizados por indução, e assim proceder dos efeitos para as causas e das causas particulares para as gerais; depois, com base nessas causas tidas como princípios, explicar pela "síntese" os fenômenos da observação ou da experiência passíveis de ser derivados ou deduzidos delas, "demonstrando as explicações".

Após essa ilustração da afinidade entre a hipótese e o problema da análise e da síntese, deve-se voltar a atenção, mais uma vez, para as explicações causais da gravidade.

Então, é interessante notar, de imediato, uma conseqüência importante da relação das hipóteses para com a causa final da gravidade na concepção de Newton; isto é: caso a causa primeira da gravitação seja assumida como real e necessária, as hipóteses perderiam seu valor e se tornariam desnecessárias na filosofia experimental. Em outras palavras, quando Newton diz não inventar

hipóteses a respeito da causa da gravidade, enuncia conseqüentemente que a gravidade possui causas reais, e não metafísicas. Mesmo assim, (é verdade que) ele sugere várias explicações possíveis para a causa final da gravidade; mas, Newton poderia facilmente se defender ao afirmar que tudo não passava de meras sugestões, como no caso das "Questões", haja vista estas ficarem longe do corpo teórico das suas demonstrações.

No fundo, as hipóteses só podem ser aceitas na ciência newtoniana se dissessem respeito à experiência possível. De outro modo, todas as hipóteses de caráter essencialmente metafísico deveriam ser banidas da filosofia experimental. É perto desse sentido que as hipóteses são apresentadas como a explicação causal dos fenômenos. Assim, as hipóteses ficariam de um lado oposto ao das causas verdadeiras e reais dos fenômenos, as quais são de toda importância para explicar os acontecimentos naturais. Em favor da descrição dos fenômenos, percebe-se a renúncia das hipóteses como uma espécie de renúncia às explicações causais.

Entretanto, no meio de tanto rigor proposto pelo professor de Cambridge (mesmo com seus problemas e dilemas), é possível encontrar um ponto muito controverso no universo newtoniano, o papel de Deus. O mais interessante não é propriamente a convicção religiosa de Newton, mas a maneira como Deus (na visão dele) entrelaça-se com o próprio método e as explicações da causa final.

Newton, em uma de suas cartas para Bentley, admite que a causa da gravidade é fruto de um agente que atua por certas leis; no entanto, deixa ao critério dos leitores a compreensão de que esse agente possa ser imaterial ou material. Para o mesmo Bentley, ele afirma:

A respeito da sua segunda questão, eu respondo que os movimentos que os planetas possuem agora não poderiam emergir de nenhuma causa sozinha, porém foram impressos por um agente inteligente. E, para comparar e ajustar todas essas coisas juntamente com uma variedade tão grande de corpos, deduz-se que a causa não é cega e fortuita, mas muito hábil em mecânica e geometria. (NEWTON, 1692, tradução nossa).

Seguindo o mesmo caminho, o "Escólio Geral" da segunda edição do "Principia" é muito conhecido por trazer uma relação entre Deus e o universo físico newtoniano.

Esse ser governa todas as coisas, não como uma alma do mundo, mas como o senhor de tudo; e, por conta do seu domínio, ele é habitualmente chamado de senhor deus παντοκράτωρ [*Pantokrator*] ou legislador do universo, pois deus é uma palavra relativa e está ligado aos servos; e a divindade é o domínio de Deus (mas não sobre o seu próprio corpo, como aqueles imaginam fantasiando ser Deus a alma do mundo) sobre os seus servos. (NEWTON, 1934, p. 544, tradução nossa).

Aos olhos científicos de hoje, esse posicionamento de Newton pode parecer muitíssimo estranho. Contudo, é possível afirmar, sem muitos problemas, que os conhecimentos naturais e divinos no século XVII viviam, quase sempre, em uma situação de harmonia. Filósofos naturais renomados, como Robert Boyle e John Ray, não eram conhecidos apenas por suas descobertas relevantes na física e na química, mas também por tentarem aproximar as descobertas da ciência moderna de uma possível demonstração da existência de Deus.

Newton e Leibniz firmaram uma das disputas mais acirradas e famosas da história da ciência com relação às suas concepções teológicas. Essa célebre competição não serviu apenas para evidenciar como eles viam ou concebiam a idéia de Deus, senão para trazer à tona concepções fundamentais dos princípios metafísicos das teorias filosófica de ambos; esses mesmos princípios, de modo direto, serviam para confirmar como eles enxergavam o mundo físico.

De acordo com Kubrin (1967), o coração das censuras de Leibniz aos princípios básicos da ciência newtoniana girava em torno da afirmação de Newton a respeito da reforma necessária do sistema de mundo. O professor de Cambridge afirmara que o Sistema Solar deveria ainda prosseguir em seu estado fundamental por muitas e muitas eras; porém, no futuro, ele sofreria uma espécie de colapso devido à atração mútua dos planetas. Nesse ponto, Newton defende a postura de que, ao sofrer o colapso, o Sistema Solar precisaria de uma reforma.

Naturalmente, essa postura de Newton implicava uma idéia imperfeita do mundo; por conseqüência, Leibniz deduziu que essa posição gerava uma concepção imperfeita de Deus. Afinal de contas, ao construir o cosmo, o Criador não teria sido capaz de gerar um mundo duradouro sem sua posterior intervenção. O filósofo alemão tinha em mente um Criador perfeito, um ser incapaz de criar um mundo que não fosse eterno; pois, do contrário, a intenção divina haveria de intervir continuamente para destruir o cosmos (KUBRIN, 1967). Newton, por sua vez, acreditava em um Deus governante, um inspetor contínuo; exatamente o oposto à concepção de Leibniz.

Abandonado por si mesmo, um sistema imperfeito, feito somente de matéria morta, o mundo tenderia no curso dos séculos a tornar-se desse modo até que se desenrole uma criação nova. (KUBRIN, 1967, p. 325, tradução nossa).

Afora a disputa dos dois desafetos, a Europa estava sofrendo vários confrontos, quer ideológicos, quer teológicos, no campo religioso; entre eles, o Cristianismo e o nascente Deísmo representavam uma luta de fundo muito intensa.

Os cristãos acreditavam que a ordem natural era uma conseqüência direta dos desígnios de Deus. O Criador cristão teria planejado previamente toda a ordem natural; ele poderia eventualmente intervir na ordem de todas as coisas quando achasse necessário. O Deísmo também defendia a existência de Deus; porém, após a criação plena e ordenada do cosmos, o Deus deísta não haveria de interferir na dinâmica do mundo.

Além disso, o princípio da inércia, inicialmente desenvolvido no "De motu", levava Newton a uma encruzilhada ontológica, o que, de modo indireto, poderia levar a conseqüências teológicas sérias. Segundo Cohen e Westfall (2002, p. 273), "esse princípio implica uma relatividade: a impossibilidade de determinar que qualquer sistema de referência inercial esteja em repouso". Newton estava consciente de que essa relatividade, "com a qual havia deparado na filosofia Descartes", poderia gerar uma concepção próxima ao ateísmo. "Ao abraçar o princípio da inércia, ele introduziu os conceitos de espaço e tempo absoluto, com a intenção de fazer deles baluartes contra o ateísmo".

Newton (1934, p. 6, tradução nossa) define o tempo do seguinte modo:

O tempo absoluto, verdadeiro e matemático, por si mesmo e por sua própria natureza, flui uniformemente sem relação com nada externo, e isso se chama duração. O tempo relativo, aparente e comum é uma medida sensível e externa (seja precisa, seja desigual) da duração por meio do movimento, o qual é comumente utilizado em lugar do tempo verdadeiro, assim como uma hora, um dia, um mês, um ano.

E, na seqüência, o espaço desta maneira:

O espaço absoluto, em sua própria natureza, sem relação com nada externo, permanece sempre similar e imóvel. O espaço relativo é uma dimensão móvel ou uma medida do espaço absoluto, que nossos sentidos determinam por meio de sua posição em relação aos corpos, e que é vulgarmente considerado como espaço imóvel; desse modo, é a dimensão de um espaço subterrâneo, aéreo ou celeste, determinado pela sua posição em relação à Terra. Os espaços absoluto e relativo são iguais em forma e magnitude, mas eles não se mantêm sempre numericamente iguais. Por exemplo, se a Terra se move, um espaço do nosso ar, o qual relativamente (e com relação) à Terra se mantém sempre o mesmo, em um dado momento será uma parte do espaço absoluto pelo qual passa o ar, e em outro uma parte desse mesmo espaço, e então, compreendido absolutamente, estará mudando perpetuamente.

O espaço, em Newton, é geralmente interpretado como uma medida absoluta (ou mesmo, uma entidade absoluta). Isso quer dizer que qualquer medida espacial no espaço relativo é uma função do espaço absoluto. Em outras palavras, o espaço absoluto é a base fundamental de toda e qualquer medida espacial. Nos "Escólios Gerais", ele se refere ao espaço como algo constituído por Deus:

A palavra Deus usualmente significa Senhor. [...] Ele é Eterno e Infinito, Onipotente e Onipresente; Sua duração provém do Eterno para o Eterno; Sua presença começa no Infinito e termina no Infinito; Ele governa todas as coisas, bem como sabe de todas as coisas que são e podem ser. Ele não está Eterna e Infinitamente, mas sim é o Eterno e o Infinito; Ele não é a Duração e o Espaço, mas Ele persevera e é presente. Ele persevera para sempre, assim Ele sempre está presente; pela existência constante, Ele constitui Duração e Espaço. (NEWTON, 1934, p. 544-545, tradução nossa).

Onde quer que seja, o espaço e o tempo nada mais são do que parte da sensibilidade de tal divindade. No "Óptica", ele se posiciona a esse respeito:

Sendo tratadas essas coisas corretamente, não parece existir um ser incorpóreo a partir dos fenômenos, vivo, inteligente, onipresente, que, no espaço infinito, assim como o espaço seria em seu centro de sensações, vê as coisas intimamente em si mesmas, além de as perceber em sua totalidade e as compreender inteiramente pela presença imediata delas diante de si. (NEWTON, 1952, Query 28, tradução nossa).

Não era ingênuo esperar que tal concepção de espaço pudesse gerar muitos inimigos. Os newtonianos enfrentaram muitas críticas de grandes pensadores, como Leibniz, Berkley e, mais posteriormente, Ernst Mach. Falando-se do contexto de desenvolvimento da física newtoniana, naturalmente que Leibniz foi o mais relevante.

O filósofo alemão defendia uma posição muito conhecida: o espaço é uma relação, assim não é absoluto nem substancial. Para ele, o espaço é uma ordem relacional de um fenômeno, que, por conseqüência, é real. Contudo, a relação é uma parte objetiva do espaço, ou seja, não é o real em si. Dessa forma, o espaço seria uma ordem das coexistências. Além disso, o tempo também seria um fenômeno⁴⁷. Outra conseqüência da teoria de Leibniz a respeito do espaço é a de que não há espaço real fora do universo material.

A concepção de tempo em Newton também representa muitas conseqüências. Uma delas é a de que o tempo é independente de todas as coisas, isto é, durante a mudança "das coisas que são", o tempo não se altera. Assim como na questão do espaço, o tempo é indiferente às coisas que sofrem mudanças. O tempo é visto como algo perfeito e homogêneo: as mudanças ocorrem em relação ao tempo uniforme que serve apenas como uma espécie de marco. A diferença ontológica entre o espaço e o tempo estaria no fato de que este flui e se move unidimensionalmente em uma só direção.

⁴⁷ O termo fenômeno aqui empregado por Leibniz vem do grego *phainestai*, significando aparecer. Dessa forma, fenômeno é tudo aquilo de que podemos ter consciência, de qualquer modo que seja.

Aspectos cronológicos, como o antes e o depois, são somente uma relação com o tempo absoluto, que é prévio não apenas em relação às coisas, mas também a qualquer medida temporal. Leibniz, mais uma vez, posiciona-se de modo contrário a Newton, pois sua postura relacional de espaço e tempo eram inteiramente compatíveis com a imensidade de Deus – o qual deveria ser independente do espaço – e a eternidade divina.

Naturalmente que um maior aprofundamento nas implicações teológicas concernentes às noções de espaço e tempo absolutos ou relativos podia se tornar mais ampla. Contudo, o importante é perceber como uma simples relação ontológica implicava, naquela época, fortes críticas no campo da crença cristã.

Segundo Westfall (2002, p. 436), Newton estava "convencido de que a ciência se harmonizava com a religião". No período de desenvolvimento da física newtoniana, a religião, a teologia e ciência caminhavam juntas por estrada muito estreita; era praticamente impossível distinguir onde uma começava e a outra terminava. Como afirmou Koyré (1965, p. 21, tradução nossa), a ciência da renúncia das explicações causais "[...] implica uma razoável crença em Deus".

Uma prova significativa disso está em uma das cartas que Newton trocou com Bentley.

Quando eu escrevi o nosso sistema, eu tinha os olhos sobre os princípios com os quais pudesse trabalhar considerando a crença dos homens em uma divindade (e nada posso alegar senão que eu encontrei sucesso para esse propósito). (NEWTON, 1962, tradução nossa).

Não são poucas as passagens em seus textos nas quais Newton menciona a mão do Criador na condição de causa final ou, nos termos dele, a primeiríssima causa. John Locke algumas vezes se referia a Newton como o maior conhecedor das escrituras sagradas; nesse caminho, todos os historiadores admitem que Newton dedicou boa parte do seu tempo de professor lucasiano em estudos de fundo puramente religiosos.

Barão de Keynes, um dos mais importantes economistas do último século, arrematou vários manuscritos alquímicos de Newton. Após estudá-los, escreveu um conhecido ensaio, "Newton, the man", no qual se refere a ele da seguinte maneira:

Por que eu o chamo de mágico? Porque ele analisava o Universo inteiro e tudo que ele abrange como um enigma, como um segredo que poderia ser lido aplicando o pensamento puro a certas evidências, certas chaves místicas que Deus pusera no mundo de modo a permitir uma espécie de caça ao tesouro pela irmandade esotérica. Ele acreditava que esses indícios poderiam ser encontrados, em certo grau, nas evidências celestes, assim como na constituição dos elementos (e é isso que dá a falsa

sugestão de ele ter sido um filósofo natural), mas também, em parte, em alguns textos e tradições herdadas da irmandade, numa corrente ininterrupta que remonta às revelações obscuras da Babilônia. Ele considerava o Universo como um criptograma feito pelo todo-poderoso – justamente como ele mesmo recobriu a descoberta do cálculo em um criptograma quando se comunicou com Leibniz. Pelo pensamento puro, pela concentração da mente, o enigma, ele acreditava, poderia se revelar aos iniciados. (KEYNES, 1956, tradução nossa).

Claro que, ao se olhar a filosofia natural dos tempos de Newton, comparando-a com a grande e complexa estrutura da ciência contemporânea, tudo parece muitíssimo místico. O professor lucasiano não era, todavia, um mago escondido por trás de uma toga e de criativas metáforas; Newton era, antes de tudo, um homem muitíssimo culto e conhecedor das conseqüências verdadeiras de que o simples estudo das causas gerava intimamente influências teológicas.

Isso justifica a verdadeira importância de se compreender o estudo das causas, quer por meio da omissão de suas explicações, quer por meio das possibilidades de seu conhecimento. O estudo das causas e suas relações metafísicas não geravam apenas conseqüências para a nova ciência como também para quase todas as áreas de estudo da era moderna.

5 DO CONTEXTO DA FÍSICA DE NEWTON COMO UM CONTRAPOSTO ÀS OPINIÕES PROBLEMÁTICAS

Na ciência, o mundo dos detalhes está por ser descoberto.

(Napoleão I por Honoré de Balzac)

5.1 APRESENTAÇÃO

No "Prefácio do autor" do "Novum Organum", há um dos excertos mais famosos da filosofia da ciência.

Aqueles que têm tomado para si mesmos as leis da natureza como uma coisa já descoberta e compreendida, caso tenham considerado, quer por simples imprudência, quer por presunção profissional, têm dessa maneira feito um grande dano à filosofia e à ciência. Assim como eles têm desfrutado com êxito de suas opiniões, eles também têm efetivamente extinguido e estacionado a investigação; dessa forma, têm executado muitos prejuízos pelo fracasso e por considerarem tudo acabado para outros esforços humanos que sejam tão bons quanto os deles. (BACON, [200-], tradução nossa).

O filósofo e ensaísta britânico começa sua principal obra desfechando uma forte crítica à tradição filosófica; Bacon divulga a saturação da capacidade investigativa e reflexiva da ciência e da filosofia, quando estas se banham no dogmatismo (com sua impossibilidade investigativa), no sofismo (com seus raciocínios nada conclusivos) e no ceticismo (baseado no desespero da acatalepsia).

Hoje o próprio método baconiano de se "fazer" ciência é algo, em muito, superado pela ciência contemporânea; porém, não é essa a questão principal. O interessante nessa passagem do "Novum Organum" é perceber a preocupação, por parte de Bacon, em procurar uma reestruturação da ciência e da filosofia sobre a sua capacidade reflexiva e não-dogmática a respeito dos métodos. Em outras palavras, o pensamento lógico-filosófico não pode se basear nos ídolos; isto é, não podem fazer parte da característica das investigações científica aqueles preconceitos nascidos de situações culturais específicas (particulares e circunstanciais), bem como dos equívocos universais, caracterizados por sua origem comum na própria natureza humana. Da mesma forma, tais indagações científicas

devem passar longe das idéias ilusórias originadas da falta de precisão ou prática reflexiva na utilização da linguagem; além do mais, as ilusões provocadas pela difusão de teorias ou doutrinas com tendências abstratas, teológicas, ocultistas ou metafísicas não podem ser confundidas com o conhecimento epistêmico – no sentido de um saber puro e verdadeiro.

Desse modo, os pensamentos de Bacon podem ser compreendidos – relevando-se suas limitações – como um dos princípios da ciência moderna, da mesma forma que esta se tornou uma das origens da grande e complexa ciência contemporânea. Entre outras coisas, o ensaísta britânico procurou divulgar o que viria a ser uma das características principais do pensamento científico: a capacidade reflexiva das investigações científicas.

De uma maneira muito próxima, espera-se do ensino de ciência também uma capacidade reflexiva sobre suas ações. Afinal, propagar os conteúdos como algo terminado em si mesmo e separado de todo o seu contexto histórico, filosófico e social, de certa forma, caminha no sentido contrário ao que se espera de uma formação científica reflexiva acerca do fazer ciência e das próprias características do conhecimento científico.

Como se viu nas seções anteriores, uma formação científica não deve visar apenas aos aspectos puramente técnicos (como a resolução de problemas e o simples adestramento), sob a pena de gerar uma série de dificuldades na própria compreensão do fazer e do conhecimento científico; sua ação também deve contemplar a formação cultural e filosófica dos sujeitos que futuramente farão parte da população esotérica das ciências. Todavia, não é possível aqui uma concentração em todos os problemas gerados pela formação dogmática; por essa razão, a atenção deste trabalho se volta tão-somente aos aspectos mais ligados à epistemologia, à sociologia e à história da ciência. Problemas esses que, por si só, já geram grandes dificuldades na formação científica, principalmente na propagação de concepções e opiniões problemáticas a respeito do fazer e do conhecimento científico.

A presente proposta se utiliza do contexto de desenvolvimento da física newtoniana para servir como um contraponto às concepções problemáticas geradas pelas omissões dos aspectos epistemológicos e históricos da ciência. O objetivo é discutir os conteúdos (apresentando-os e separando-os por sua relevância) relativos a esse período, a fim de que possam contribuir com a categorização de formação

científica apresentada: não visando apenas à reprodução dos conhecimentos, mas sim auxiliando tanto na sua compreensão quanto na sua contextualização cultural.

Por essa razão, não há aqui uma preocupação "pedagógica" com a aplicação direta das idéias propostas; pois, primeiramente, pretende-se discutir de modo profundo quer a base do problema relativo às opiniões problemáticas, quer a recomendação do período de desenvolvimento da física newtoniana para que a contraposição se dê sobre bases mais sólidas. Caso a atenção fosse diretamente a implementação da proposta, perder-se-ia tanto no aprofundamento quanto na viabilidade da implementação.

5.2 O DOGMATISMO KUHNIANO COMO OPOSIÇÃO

Uma proposta que assuma como princípio a importância de uma formação científica não baseada apenas na constituição profissional (esta estruturada simplesmente sobre a aquisição pura e fechada de conteúdos e na mera resolução de problemas) também encontra oposições em algumas "descrições" filosóficas da formação científica. O dogmatismo da iniciação científica descrito por Thomas Kuhn é um exemplo claro dessa contraposição; é evidente, portanto, o conflito entre a relevância de uma formação do sujeito (futuro esotérico das ciências) fortalecida por uma instrução cultural (que não objetive apenas os conteúdos, mas também aspectos importantes da estrutura das ciências, como a história e epistemologia) e a mera constituição profissional.

A descrição da iniciação científica é um dos traços marcantes da filosofia de Kuhn. Para ele, a iniciação científica ganha notoriedade e valor pelo fato de a atividade científica não ser compreendida como uma atividade individualizada (KUHN, 1977, 1979). O fato mais interessante encontra-se na exposição dos aspectos dogmáticos da formação científica; ao ingressar em um curso superior de ciências, um jovem involuntariamente se dispõe a aceitar os estilos, os conteúdos e as técnicas profissionais praticados pelos professores de ciências. Nesse caso, em sua maioria, os professores também são pesquisadores em determinadas áreas científicas.

A postura de Ludwik Fleck (1896-1961) a respeito da introdução a um determinado campo de conhecimento parece ter influenciado o pensamento kuhniano. Fleck (1986) compreende a introdução didática como um tipo de conversação suave; a inserção em certa área do conhecimento científico seria uma doutrinação. Dessa forma, bem como o é na arte e na religião, o "tempo" de aprendizagem é percebido na qualidade de sugestões de idéias essencialmente autoritárias.

Thomas Kuhn se refere a uma concepção de formação científica muito próxima à de Fleck; o futuro cientista, quando submetido a um curso de ciência, passa a ser doutrinado a fim de compreender e interpretar a natureza (os fenômenos e afins) de modo diferenciado da população exotérica. O jovem passa a entender o fazer científico do mesmo modo como seus mestres e professores foram treinados.

A importância dessa iniciação científica dogmática está intimamente relacionada ao conceito de paradigma e, conseqüentemente, ao de ciência normal. Não há aqui a intenção divulgar com grande aprofundamento esses conceitos, mesmo porque nesse sentido Kuhn se torna um filósofo muito delicado, uma vez que ele demonstrou muito pouca cautela no uso e no desenvolvimento de certos termos, como é o caso de paradigma⁴⁸. Entretanto, apenas para ilustrar as idéias desse filósofo, divulga-se mais diretamente a defesa pós-críticas ao conceito de paradigma; porque o próprio autor da "Estrutura das Revoluções Científicas" reconhece a vulgaridade na definição do vocábulo:

Sem dúvida, foi o sentido de <<paradigma>> como exemplo padrão que, originalmente, me conduziu à escolha desse termo. Infelizmente, a maior parte dos leitores de *Structure of Scientific Revolutions* ignorou o que era para mim a sua função central, e usa <<paradigma>> num sentido próximo do que chamo agora <<matriz disciplinar>>. Vejo poucas hipóteses de recuperar o <<paradigma>> para o seu uso original, o único que é filologicamente apropriado. (KUHN, 1974, p. 368).

Ao reeditar seu principal livro, Thomas Kuhn procurou adicionar ao posfácio uma reparação do conceito de paradigma.

Esse procedimento revela rapidamente que em grande parte do livro eu usei o termo paradigma em dois sentidos distintos. Por uma parte, significa todas as constelações de crenças, valores e técnicas etc. que são compartilhados pelos membros de certa comunidade. Por outra parte, significa uma espécie de elemento de tal constelação, as soluções concretas de problemas que, empregadas como modelos ou exemplos, podem substituir regras explícitas como base de uma solução dos problemas restantes da ciência normal. (KUHN, 1979, p. 175, tradução nossa).

⁴⁸ Paradigma, sem dúvida, é o conceito estruturado por Kuhn que apresenta maiores problemas. Alguns estudiosos referem-se ao termo em 21 acepções diferentes (MASTERMAN, 1979).

Assim, pode-se resumir os dois sentidos principais de paradigma como as constelações de crenças comungadas por um grupo e os tipos de elementos dessa constelação. O primeiro sentido pode ser identificado como uma forma de tradição de paradigmas. Com isso, o termo passa a ser reconhecido como uma matriz disciplinar, isto é: “matriz”, pois é composta dos elementos ordenados de muitas espécies; “disciplinar”, porque se refere a uma posse comum aos praticantes de uma disciplina específica (KUHN, 1979, *postscript*). É verdade que ainda assim o conceito continua obscuro; deve-se, porém, compreender o termo, de modo geral, do seguinte modo: "um paradigma é o que os membros de uma comunidade científica partilham e, de modo inverso, uma comunidade científica consiste em homens que partilham um paradigma." (KUHN, 1979, p. 176, tradução nossa).

Antes de se adentrar ao conceito de comunidade científica, é preciso ter clareza a respeito do período de ciência normal. Nas palavras de Kuhn (1979, p. 5, tradução nossa), esse período é definido deste modo: "A ciência normal, a atividade em que, inevitavelmente, a maioria dos cientistas consomem quase todo o seu tempo, predica-se supondo que a comunidade científica sabe como é o mundo". O dever do cientista durante o período de ciência normal seria, em essência, o aprofundamento, o aperfeiçoamento e o aprimoramento do paradigma compartilhado pela comunidade científica.

A ciência normal consiste na atualização dessa promessa, uma atualização realizada pela extensão do conhecimento daqueles fatos que o paradigma expõe como particularmente significativos, acrescentando ampliações entre os fatos e as predicções do paradigma e articulando de modo mais profundo o mesmo paradigma. (KUHN, 1979, p. 24, tradução nossa).

A atividade de um cientista (ou de um conjunto de cientistas de uma comunidade qualquer) seria muito parecida com a organização e o planejamento de um jogo de quebra-cabeça. Esse *puzzle* epistemologicamente representaria os problemas esotéricos de uma área de investigação.

Em condições normais, o cientista investigador não é um inovador, mas um solucionador [sic] de quebra-cabeças, e os quebra-cabeças em que se concentra são justamente aqueles que ele se julga ser possível constatar e responder no interior da tradição científica existente (KUHN, 1977, p. 285).

A concepção kuhniana de ciência normal sofreu vastas críticas – muitas delas relativas ao seu aspecto dogmático e doutrinante. O cientista normal se concentraria apenas na afirmação do paradigma vigente; eis um dos motivos da importância do treinamento de pensamento convergente, pois assim a comunidade passa a monopolizar a atividade científica. Dessa forma, o científico não teria a

mínima preocupação em divulgar ou mesmo em descobrir novos fenômenos; ele assume uma função social e dogmática, na qual um dos objetivos primordiais é evitar ao máximo qualquer ataque ao paradigma.

A meu ver, o cientista "normal", tal como Kuhn o descreve, é uma pessoa da qual devemos ter pena. (Consoante as opiniões de Kuhn acerca da história da ciência, muitos grandes cientistas devem ter sido "normais"; entretanto, como não tenho pena deles, não creio que as opiniões de Kuhn estejam muito certas.) O cientista "normal", a meu juízo, foi mal ensinado. Acredito, e muita gente acredita como eu, que todo o ensino de nível universitário (e se possível de nível inferior) devia consistir em educar e estimular o aluno a utilizar o pensamento crítico. O cientista "normal", descrito por Kuhn, foi mal ensinado. Foi ensinado com espírito dogmático: é uma vítima da doutrinação. Aprendeu uma técnica que se pode aplicar sem que seja preciso perguntar a razão pela qual pode ser aplicada (sobretudo na mecânica quântica). Em consequência disso, tornou-se o que pode ser chamado *cientista aplicado*, em contraposição ao que eu chamaria *cientista puro*. Para usarmos a expressão de Kuhn, ele se contenta em resolver "enigmas". A escolha desse termo parece indicar que Kuhn deseja destacar que não é um problema realmente fundamental o que o cientista "normal" está preparado para enfrentar: é, antes, um problema de rotina, um problema de aplicação do que se aprendeu; Kuhn o descreve como um problema em que se aplica a teoria dominante (a que ele dá o nome de "paradigma"). O êxito do cientista "normal" consiste tão-só em mostrar que a teoria dominante pode ser apropriada e satisfatoriamente aplicada na obtenção de uma solução para o enigma em questão. (POPPER, 1979, p. 66).

Para a filosofia kuhniana, está aqui o papel da educação científica na qualidade de meras habilidades e conteúdos propagados dogmaticamente a fim de serem aplicados na resolução de problemas do paradigma vigente. Segundo Szczepanik (2005, p. 60):

[...] quando um aprendiz decide ingressar em uma determinada comunidade científica ele abre mão (perde) toda a sua [sic] autonomia para questões científicas. Assim como o jogador e o crente não tomam as decisões, também não é o cientista individual que decide quais problemas científicos serão dignos de investigação.

Ainda de acordo com Szczepanik (2005, p. 64), "[...] os jovens cientistas não ousam questionar os ensinamentos que lhes são repassados". Uma das principais características da iniciação científica (para se utilizar os termos kuhnianos) é uma doutrinação de pensamentos convergentes, regidos pelos primeiros contatos do jovem cientista com um paradigma compartilhado por uma comunidade científica específica.

O estudo dos paradigmas é o que principalmente prepara o estudante para se tornar membro de uma comunidade científica particular com a qual ele posteriormente atuará. Desde que ele (o estudante) lá se una a homens que aprenderam as bases dos seus campos de atuação com modelos concretos, sua subsequente prática raramente motivará desacordos evidentes sobre os fundamentos. Homens cuja área de pesquisa está relacionada com o compartilhamento de paradigmas são empenhados nas

mesmas regras e padrões da prática científica. Esse comprometimento e o aparente consenso produzido são pré-requisitos da ciência normal, ou seja, da gênese e da continuação de uma tradição particular de pesquisa. (KUHN, 1979, p. 10-11, tradução nossa).

Com isso, Kuhn (1979) fala a respeito da falta de conhecimento dos cientistas no que concerne ao *status* do paradigma comunitário, pois eles, ao trabalharem com base em modelos adquiridos através da educação ou da literatura, simplesmente ignoram essa característica; eis o fato de o fazer científico não ser motivado por "regras" explícitas.

Para Szczepanik (2005, p. 65), "a educação científica apresenta-se como um instrumento que busca claramente maximizar o consenso em uma comunidade científica e minimizar ao máximo as divergências de idéias e de concepções [...]". Consoante às idéias de Kuhn (1977, p. 279):

[...] devemos, contudo, reconhecer que um treinamento rigoroso de pensamento convergente tem sido intrínseco às ciências quase desde a sua origem. Sugiro que elas não teriam podido atingir o seu estado ou estatuto presente sem ele.

Dentro dessa doutrinação, a descrição kuhniana destaca também a confiança da formação científica nos manuais. É aqui que se pode encontrar outro traço forte do dogmatismo na educação concedida aos jovens cientistas; muitos currículos várias vezes não chegam a exigir dos estudantes a leitura de outras publicações que não tenham sido escritas para a formação científica. Kuhn (1979) chega a destacar que, mesmo em alguns currículos de estudos avançados de pós-graduação, os alunos não são incentivados a outras leituras, inclusive de assuntos pertinentes a sua formação, como monografias, artigos e teses de suas áreas.

É comum que os estudantes licenciados e pós-graduados de química, física, astronomia, geologia ou biologia adquiram a substância dos campos a partir de livros escritos especialmente para estudantes. Até estarem preparados, ou quase, para começar o trabalho das suas próprias dissertações, não se lhes pede que tentem projectos de investigação experimentais nem são expostos a produtos imediatos da investigação feita por outros, isto é, às comunicações profissionais que os cientistas escrevem uns para os outros. (KUHN, 1977, p. 279).

Destarte, fica clara na iniciação científica descrita por Kuhn a ausência de estudos pertinentes aos aspectos históricos e epistemológicos das ciências; os estudantes sequer são estimulados a ler textos clássicos das suas próprias áreas de pesquisa. De acordo com Szczepanik (2005, p. 77), "isso se constitui numa grande perda, pois através dos estudos desses clássicos poderiam descobrir outras maneiras de olhar os problemas que são apresentados nos seus livros-texto."

Os manuais, nesse caso, começam truncando a compreensão dos cientistas sobre a história de suas próprias disciplinas e, então, proporcionam um suplemento a fim de substituir o que foi eliminado. Caracteristicamente, os manuais científicos contêm somente uma pequena dose de história, seja um simples capítulo introdutório ou, como acontece mais vezes, algumas referências dispersas de heróis de épocas anteriores. Com base nessas referências tanto estudantes quanto profissionais passam a se sentir como fazendo parte de uma longa tradição histórica. Todavia, a tradição provinda dos manuais, da qual os cientistas passam a se sentir participantes, nunca existiu. Por razões que, ao mesmo tempo, são óbvias e bastante, os manuais científicos (e muitas das antiquadas histórias da ciência) referem-se apenas àquelas partes do trabalho dos antigos cientistas que podem facilmente se vistas como contribuições para o enunciado e a solução dos problemas apresentados pelo paradigma dos manuais. Em parte por seleção e em parte por distorção, os cientistas de épocas anteriores são implicitamente representados como se estivessem trabalhando sobre o mesmo conjunto de problemas fixos e utilizado o mesmo conjunto de cânones estáveis que a revolução mais recente em teoria e metodologia científica fez parecer científico. Não é espantoso que os manuais e a tradição histórica neles contida tenham que ser reescritos depois de cada revolução científica. Do mesmo modo, não é de se admirar que, ao serem reescritos, a ciência apareça outra vez basicamente acumulativa. (KUHN, 1979, p. 136-137, tradução nossa).

A função dos manuais no período de ciência normal encontra bastantes críticas no âmbito da filosofia da ciência, muitas delas bem conhecidas das pesquisas de ensino de ciência. Feyerabend (1977, p. 337-338) e Lakatos apresentam algumas dessas duras críticas, não apenas em relação aos manuais, mas também a respeito da estrutura educacional das ciências:

Lakatos preocupa-se com a poluição intelectual. Participo dessa preocupação. Livros chãos e vazios inundam o mercado, palavreado penetrado de termos estranhos e esotéricos pretende expressar intuições profundas, “especialistas”, sem inteligência e sem caráter e sem sequer traços de índole intelectual, estilística e emocional, falam-nos acerca de nossa “condição” e dos meios de aperfeiçoá-la e não pregam apenas para nós, que podemos perceber quem são, mas, deixados livres, pregam para nossos filhos e têm permissão de arrastá-los para a sua própria miséria intelectual. “Professores”, recorrendo aos graus e ao temor da reprovação, moldam o cérebro dos jovens até que estes percam a última dose de imaginação que hajam possuído. A situação é desastrosa e de correção difícil. Não vejo, porém, de que maneira a metodologia de Lakatos poderia ajudar. Ao que julgo, o primeiro e mais premente problema é retirar a educação das mãos dos “educadores profissionais”. Os constrangimentos decorrentes de notas, competição e exames regulares devem ser afastados, importando também distinguir o processo de aprendizagem do preparo para uma particular profissão.

Ainda com todas as características dogmáticas, a iniciação científica consegue dar conta do seu principal objetivo, ou seja, fazer os membros da comunidade científica dominarem os mesmos termos e funções dos paradigmas compartilhados. Essa é uma característica importante da doutrinação, porque só pode fazer parte de uma determinada comunidade quem possui a mesma iniciação científica.

Para compreender como funciona uma comunidade científica enquanto produtora e avaliadora de conhecimento sólido, devemos em última instância, julgo eu, compreender pelo menos a operação destes três componentes da matriz disciplinar. Qualquer alteração num deles pode resultar em mudanças no comportamento científico, afetando tanto a localização da investigação de um grupo como os respectivos padrões de verificação. (KUHN, 1977, p. 359).

5.3 O PERÍODO DE DESENVOLVIMENTO DA FÍSICA NEWTONIANA COMO CONTRAPONTO ÀS CONCEPÇÕES E OPINIÕES PROBLEMÁTICAS A RESPEITO DO FAZER E DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

A educação científica, voltada unicamente para a resolução de problemas, tem se caracterizado (não há dúvidas) pelo seu perfil dogmático, fechado e aistórico. Como evidenciado nas seções e subseções anteriores, uma série de estudos na área de ensino de ciência destacou nas últimas décadas grande número de problemas gerados por essa educação dogmática nas ciências (HODSON, 1988; CAMPANARIO, 1999; GUSTAFSON; ROWELL, 1995; PRAIA; CACHAPUZ, 1994; SANDOVAL et al., 1995; THOMAZ, 1996).

É entre esses problemas que se encontram as concepções problemáticas a respeito do fazer e do conhecimento científico⁴⁹ (GIL-PÉREZ et al., 2001; FERNÁNDEZ et al., 2002). Apesar de serem analisadas distintamente em alguns trabalhos, todas essas concepções possuem um princípio comum: a ingenuidade quanto às características históricas, epistemológicas e ontológicas das ciências. Kuhn (1977, 1979) é um dos filósofos que descreve essa propriedade da iniciação científica.

Essas concepções problemáticas – fruto da educação dogmática descrita por Kuhn (1979) – não estão diretamente ligadas a filiações filosóficas (MEGASCINI et al., 2004); isto é: nessas pesquisas, ao apresentar uma opinião densa e ingenuamente empirista a respeito do fazer científico, o estudante (ou o professor de ciências) não manifesta sua opinião por ser um leitor convicto dos positivistas-lógicos, dos empiristas britânicos e, mais a fundo, da obra-prima de Bacon (por mais ultrapassada que seja); essas concepções, como salientadas na terceira seção,

⁴⁹ Observar adequação terminológica realizada na terceira seção deste trabalho.

apresentam atributos de ingenuidade e de sentidos meramente opiniosos, relacionando-se com um imaginário do fazer científico.

Afinal de contas, não seria de nenhum modo "errado" ou "ingênuo" um aluno em formação científica defender o positivismo-lógico como uma ferramenta para a compreensão dos aspectos epistemológicos da ciência – desde que ele estivesse consciente de leituras concernentes a tal escola filosófica e aos aspectos históricos das ciências. No entanto, não é isso o que se encontra nas pesquisas sobre as concepções problemáticas; elas, em sua maioria, estão intimamente relacionadas a um imaginário descaracterizado e fantasioso sobre o fazer e o conhecimento científico.

É a ingenuidade epistemológica o alvo central a ser combatido. Só é possível combatê-la, entretanto, utilizando-se de estudos filosóficos e históricos sobre a ciência. Dessa forma, o estudo contextualizado de um determinado período de desenvolvimento científico, com suas conjunturas sociais, epistemológicas, históricas e ontológicas, pode servir como um exemplo claro contra as minúcias opiniosas daquelas concepções na formação científica. Ao estudar e apresentar um dado período histórico da ciência, levando-se em conta toda a sua conjuntura epistemológica, é possível verificar também, com certo grau de clareza, como todas aquelas opiniões se relacionam intimamente umas com as outras, demonstrando a origem comum delas.

Poucos períodos da história das ciências são tão ricos e complexos quanto o de desenvolvimento da física newtoniana. Por essa razão, aqui ele é escolhido para servir de contraponto às concepções problemáticas. Encontram-se, outrossim, em meio às riquezas de contextualização da ciência de Newton, muitos filósofos e historiadores das ciências com seus diferentes pontos de vista em relação a esse período, o que talvez fosse algo controverso para se apresentar na educação científica; todavia, são essas múltiplas possibilidades de interpretação uma ótima ferramenta para uma verdadeira formação científica (contextualizada e que não vise unicamente à resolução de problemas). Com isso, seriam fornecidas várias possibilidades a fim de ajudar o sujeito a se conscientizar sobre a complexidade do fazer científico em todo o seu caráter epistêmico. Por sua riqueza contextual, o período de desenvolvimento da física newtoniana oferece conjunturas que possibilitam diversas contraposições a todas as opiniões e concepções problemáticas do conhecimento e do fazer científico.

5.3.1 As contraposições

Na concepção aistórica e dogmática, de acordo com Gil-Pérez et al. (2002, p. 131), "[...] transmitem-se os conhecimentos já elaborados, sem mostrar os problemas que lhe deram origem, qual foi a sua evolução, as dificuldades encontradas etc.". Fácil é perceber desde já a íntima relação dessa concepção com as outras opiniões problemáticas. Ao se omitir a conjuntura de desenvolvimento de um determinado conhecimento, valorizando-se apenas os seus resultados prontos e terminados em si mesmos, as características de estruturação das teorias científicas – como os aspectos sociais e comunitários envolvidos – são naturalmente negligenciados ou mesmo esquecidos. Dessa forma, parece claro que, por exemplo, opiniões neutras a respeito do conhecimento científico possam surgir.

Como se falou anteriormente, a compreensão total de um período histórico das ciências não é possível se afastada do seu contexto de estruturação; a história do conhecimento científico não é uma reflexão acerca de anedotas. No que diz respeito ao período de desenvolvimento da física newtoniana, além de se compreender os aspectos epistemológicos envolvidos na estruturação dessa nova ciência, é vital entender boa parte do contexto social e histórico ligado a ele. A compreensão pura e simples do contexto gera uma forte contraposição às concepções aistóricas e dogmáticas, como se vê a seguir.

As mudanças sociais e históricas vividas e sofridas pela nascente Idade Moderna foram, em muitos pontos, princípios das possibilidades para a estruturação de uma nova forma de conhecimento a respeito da natureza. De mais a mais, essas novas possibilidades de conhecimento também se tornaram alguns dos estopins e inspiração para a estruturação de outras mudanças históricas e revoltas sociais, tendo como exemplo a própria Revolução Francesa.

O contexto de estruturação da ciência moderna oferece muitas contraposições às opiniões dogmáticas e neutras sobre o conhecimento e o fazer científico. Entre elas se encontram os estudos de balísticas – no decorrer da Baixa Idade Média, a artilharia passou a ter um *status* importantíssimo nos exércitos (HESSEN, 1984). Definitivamente, não havia mais lugar para a contemplação aristotélica a respeito dos movimentos; os artilheiros e os engenheiros de guerra precisavam de conhecimentos mais específicos sobre balística – conhecimentos que não apenas

pudessem explicar as causas dos movimentos, mas também descrevê-los e prevê-los com eficiência e rigor.

Isso convivia com a busca pela valorização da *vita activa*, desconectando-se aos poucos da *vita contemplativa*, tão estimada nos tempos antigos em demérito da outra. Da mesma forma, o *scientia activa* passou a ser o alvo do homem burguês (dos artesões, dos engenheiros, dos comerciantes, entre outros), que desejava um maior apreço aos trabalhos manuais.

O poder alcançado pela burguesia agora passara a financiar a nova ciência, a fim de fazer do "homem" o mestre e o senhor da natureza (KOYRÉ, 1965). O homem burguês passou a alcançar grandes lucros com os novos aperfeiçoamentos técnicos, os quais haviam possibilitado as grandes navegações, as novas armas e, gradativamente, uma nova escala social. Passava assim a haver uma grande discordância entre o novo mundo de possibilidades proporcionadas pelas novas técnicas e descobertas sobre as antigas ciências teóricas; em outras palavras, as ciências contemplativas tão fortemente inspiradas em Aristóteles e no escolasticismo não eram compatíveis com os aperfeiçoamentos tecnológicos e, por conseqüência, práticos.

Assim como os padrões sociais e econômicos estavam em mudança, a religião (ainda fortemente conectada à filosofia escolástica) também sofria fortes crises, fortalecidas pelas novas correntes filosóficas que, aos poucos, rompiam com a tradição filosófica. Está nesse mesmo caminho uma conexão com outra concepção problemática, a puramente acumulativa do conhecimento científico. Nessa concepção:

[...] o desenvolvimento científico aparece como fruto de um crescimento linear, puramente acumulativo, que ignora as crises e as remodelações profundas, fruto de processos complexos que não se desejam e deixam moldar por nenhum modelo (pré)definido de mudança científica. (GIL-PÉREZ et al., 2001, p. 132).

Durante o período de desenvolvimento da ciência moderna, grandes crises e rompimentos em nível epistemológico, ontológico e social da nova ciência eram evidentes (e não eram poucas essas transformações e remodelações profundas). Quando se pensa inicialmente apenas na astronomia, essas mudanças são ainda mais claras até para pessoas leigas em epistemologia. Copérnico, na transição do século XV ao XVI, rompeu de modo vigoroso com a tradição geocêntrica defendida pelos partidários aristotélicos e ptolomaicos – tradição esta aceita pela Igreja. Assim,

era uma mudança que não apenas afetava o âmbito ontológico e epistemológico, mas também o religioso. O rompimento não era tão simples quanto retirar a Terra do centro do "mundo" e deslocá-la, por consequência, a um patamar secundário, mas havia uma forte conexão com a ontologia dos movimentos.

A nova ciência, principalmente a mecanicista, procura buscar uma coerência estruturada pela concordância entre as categorias da matéria e do movimento. Com isso, as categorizações escolásticas e aristotélicas das almas e dos espíritos aos poucos se afastaram das interpretações da natureza e dos fenômenos (THACKRAY, 2002).

A acumulatividade do conhecimento científico também encontra aqui uma contraposição importante marcada pelas várias novas correntes filosóficas que ofereciam recentes interpretações e explicações para os fenômenos. Os atomistas gassendianos, os mecanicistas cartesianos e os corpularistas boyleianos eram as correntes que mais se destacavam na busca de um lugar ao sol das novas ciências.

Esse rico período era aquele em que Newton estava inserido de modo geral. O rompimento significativo no âmbito da ontologia do movimento era claro inclusive pelas novas possibilidades de acepções oferecidas pelos modernos filósofos naturais. Aquela antiga noção aristotélica de natureza – como substância ou causa eficiente ou formal (ARISTÓTELES, 1995, II, 8, 199 b 32) – agora passaria a significar a ordem necessária das coisas (NEWTON, 1952, III, 1, q. 31).

Uma consequência importante da concepção aristotélica de natureza relaciona-se com a noção de movimento. Aristóteles (1995, VII, 1) afirma com clareza a impossibilidade de haver movimento sem causa e, mais profundamente, de se conhecer o movimento sem a atribuição de uma causa específica. Essa concepção de movimento também possui uma íntima relação com a substancialidade, não havendo assim um determinismo mecânico ou eficiente; isto é: não existe um determinismo sobre o fator que, por meio de uma ação, de uma intervenção ativa, gera um efeito. Esse fator, ao contrário, era defendido pela ciência moderna em vários pontos. As concepções e opiniões dogmáticas e acumulativas do conhecimento científico encontram outra vez uma forte oposição; nesse evento, encontra-se uma das claras provas do rompimento entre o pensamento causal da nova filosofia natural e o aristotelismo.

As críticas de Newton às explicações puramente causais na filosofia natural são claras em vários de seus textos. Nas duas primeiras regras do "Regulae

Philosophandi", em específico, indicam uma forte desaprovação ao estatuto pomposo das explicações causais; em outras palavras, Newton simplesmente tenta justificar a sua omissão das explicações causais da gravitação atacando os defensores do casualismo aristotélico (NEWTON, 1934, *book III*).

Isso por si já seria suficiente para justificar uma compreensão contextualizada e afastada daquelas concepções aistóricas e dogmáticas do conhecimento científico. Contudo, para compreender verdadeiramente os problemas enfrentados pela ciência moderna, bem como os conceitos que estavam em constante transformação, faz-se necessário também um relativo conhecimento do método científico, da metafísica e da física aristotélica.

Falando outra vez dos rompimentos entre a ciência moderna e a tradição filosófica, é fácil perceber como as novas explicações ontológicas propostas abdicavam daquilo em vista de que algo se produz e de que algo é feito. As causas finais passaram para um plano secundário na nova ciência; como exemplo disso, tem-se que determinar o objetivo da gravidade deixou de ser necessário. Esse tipo de contextualização é um modelo claro contra a concepção que compreende o conhecimento científico devolvido linear e acumulativamente.

Voltando-se a falar sobre as "Regras", na terceira delas Newton traz à tona uma discussão acerca do alcance da verificação experimental da qualidade dos corpos. Essas indagações newtonianas sobre a validação, verificação e capacidade conclusiva dos seus experimentos podem ser utilizadas como pontos de importante debate com as opiniões meramente empírico-indutivistas e ateóricas do fazer científico.

Essa concepção tão fortemente atrelada à opinião de professores, de graduandos e, inclusivamente, de cientistas tende a destacar o papel neutro da observação e da experimentação, afastando-as de quaisquer noções apriorísticas e teóricas (GIL-PÉREZ, 1983; GIL-PÉREZ, 1986; THOMAZ et al., 1996). Desse jeito, todo o processo de orientação e de possibilidades dos usos da experimentação e da observação é deixado de lado, havendo inclusive uma ingênua desconexão e vulgarização dos valores das hipóteses, bem como das constituições das teorias.

Newton procura justificar a possibilidade do alcance da verificação experimental da qualidade dos corpos por meio de uma valoração da observação astronômica. Porém, há algo mais profundo e interessante nessa indagação de Newton, pois o princípio da gravitação universal nada mais é do que uma

generalização matemática (e não experimental) da lei da gravitação – esta sim, segundo Newton, comprovada por meio da observação (NEWTON, 1934, *book II*). Ele tinha em mente a busca de um "porquê" para essa generalização por meio de um único princípio matemático. No fundo, não há grande coerência nem segurança nessas afirmações de Newton, apesar de elas já fazerem parte da sua maturidade intelectual.

Voltando a atenção novamente para a aistoricidade apresentada nos manuais, encontram-se também as características científicas afastadas historicamente das explicações e intenções teológicas. É quase natural aos olhos de hoje compreender a ciência como um corpo de conhecimentos separados de qualquer intento teológico; nada mais correto, pois o objetivo das ciências contemporâneas passa longe das explicações e conjecturas para esse fim. Contudo, a história das ciências mostra uma realidade diferenciada sobre a evolução do conhecimento científico; durante o desenvolvimento da ciência moderna, por exemplo, os conhecimentos e saberes divinos e naturais estavam, com freqüência, intimamente entrelaçados e harmonizados.

Robert Boyle e John Ray não eram apenas grandes filósofos e cientistas, mas também consideráveis teólogos; eles tentavam utilizar-se das novas descobertas da ciência moderna em favor de uma possível prova da existência de Deus (ente infinito, eterno, sobrenatural e existente por si só; causa necessária e final de tudo que existe). Newton igualmente, em não poucas vezes, abriu mão da sua "rigidez" metodológica para, de modo aberto, justificar as causas finais como atributos do deus judaico-cristão (NEWTON, 1934, *book III*).

As concepções rígidas, aistóricas e puramente empíricas da ciência encontram nesses simples exemplos adversários praticamente incontestáveis. É possível ainda encontrar um pouco de confusão dentro do próprio método rigoroso defendido por Newton; ele, nessas afirmações teológicas, passa para o mero campo da divagação teológica, abrindo mão da inflexibilidade afirmada no "Opticks".

Essas defesas de Newton a respeito das correlações entre as causas finais e a ação divina se encontram em um campo muito próximo ao sentido lato da palavra hipótese. Mesmo assim, Newton se tornou um grande símbolo do combate contra as interpretações hipotéticas na filosofia natural. Com relação às causas finais das propriedades gravitação, afirmou que não era capaz de descobri-las e, por

isso, ao contrário de outros pensadores, não inventaria hipóteses para os fenômenos (NEWTON, 1934, *book III*).

A própria desvalorização do papel das hipóteses é muito controversa, mas, sem dúvida, pode ser utilizada para uma contraposição significativa às concepções acumulativas e aistóricas do fazer científico. A ciência moderna trouxe maior importância para o termo, bem como aprofundou o valor das hipóteses. Os mecanicistas podem ser apontados como seus maiores responsáveis; eles alegavam, por exemplo, a impossibilidade de se conhecer o funcionamento interno da natureza, enquanto a física aristotélica ontologicamente argumentava o contrário (isto é, para os aristotélicos, conhecer é conhecer as causas). Assim, segundo os mecanicistas restaria aos filósofos naturais apenas a formulação de hipóteses. Essa reestruturação do conceito de hipótese também está relacionada com as novas características indutivas e descritivistas das ciências, uma vez que as nascentes teorias científicas necessitavam, em certa medida, desse novo aporte.

A relação de Newton com as hipóteses ainda pode servir como ponto de discussão a respeito da opinião rígida do fazer científico, a qual apresenta o método científico como um conjunto de etapas a serem seguidas mecanicamente. Para esse fim, tem-se o exemplo dado pela maioria dos seguidores de Newton, como é o caso de Maclaurin; o matemático britânico sempre divulgou o *hypotheses non fingo* na qualidade de grande alicerce da física e, principalmente, do método newtoniano de fazer ciência, esquecendo-se de importantes traços do estilo newtoniano, como o papel de deus no universo físico, conforme mencionado anteriormente. Esses últimos traços, sem dúvida, não demonstram a rigidez metodológica proposta pelo filósofo de Woolsthorpe, senão fazem parte de meras conjecturas de fundo puramente teológico e dogmático.

Muitas das defesas realizadas pelos seguidores de Newton faziam parte das disputas de afirmação teórica entre a física newtoniana e a física cartesiana. Newton ainda cedo se demonstrou insatisfeito com o tom metafórico da física de Descartes; os vórtices de matéria possuíam forte caráter hipotético, e o professor lucasiano, durante o processo de amadurecimento dos aspectos causais da gravidade, evidenciou sua defesa do *hypotheses non fingo*, opondo-se claramente à física cartesiana (COHEN; WESTFALL, 2002, p. 145).

Alguns outros pontos do contexto de desenvolvimento da física newtoniana também podem servir de contraposição às concepções aistóricas e dogmáticas do

conhecimento científico, como é o caso da apresentação de um estudo mais aprofundado sobre os conceitos de força e de atração. Conceitos esses que possuem uma origem histórica turbulenta e suas acepções passam, às vezes, próximas de usos na magia e na doutrina escolásticas; todavia, as características atuais de propagação do conhecimento científicos divulgam tais conceitos como um dos símbolos da cientificidade da ciência newtoniana. Assim, esquecem-se das suas bruscas implicações ontológicas, de toda a sua complexa estruturação e da dura reação dos outros filósofos naturais, os quais acusavam o professor lucasiano de se apropriar de conceitos obscuros e ocultos da matéria, disfarçando-os em uma suposta cientificidade experimental.

Outra concepção que se mostra intimamente correlacionada com a apresentação e divulgação dogmática e aistórica do conhecimento científico é a concepção analítica do fazer ciência. Segundo Gil-Pérez et al. (2001), nela são destacadas a necessidade de estudos parcelares e o caráter limitador e simplificador. Não há assim uma preocupação em se evidenciar os esforços de unificação dos conhecimentos, "como já se verificou tantas vezes e que a História da Ciência evidencia" (GIL-PÉREZ et al., 2001, p. 131).

O contexto de desenvolvimento da física newtoniana, todavia, apresenta um dos exemplos mais claros contra essa opinião, podendo servir de contraposição inclusive à concepção acumulativa; esse é o caso das demonstrações e explicações matemáticas de Newton, as quais colocaram todos os componentes do Universo em um mesmo plano ontológico. Com isso o mundo passou a estar sujeito a uma força descrita matematicamente, fazendo com que um único princípio matemático unisse o mundo da *physica caelestis* e o mundo *physica terrestris* definitivamente, ou seja, algo impensável (até certo ponto) nas filosofias naturais anteriores à ciência moderna.

Agora, fala-se de duas opiniões problemáticas do fazer científico que se relacionam de modo significativo: a concepção socialmente neutra e a individualista e elitista. A primeira tende a propagar uma opinião de que os cientistas são sujeitos fechados em torres de marfim e acima do bem e do mal, esquecendo-se das múltiplas relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade; já a segunda, de forma muito próxima à primeira, divulga os conhecimentos científicos como simples obras de gênios isolados, deixando de lado toda a função da comunidade científica e dos trabalhos em equipes.

Nesse caminho, mais uma vez, o contexto de desenvolvimento da física newtoniana pode ser utilizado com facilidade para uma contraposição segura desde os seus mais longínquos princípios. Diz-se isso, pois a ciência moderna havia sofrido grandes influências, por exemplo, das camadas em ascensão da sociedade, como é o caso da jovem e poderosa burguesia. Várias outras conseqüências vieram ao encontro das novas correntes filosóficas, fazendo com que as ciências práticas, tão importantes no desenvolvimento das melhores maquinarias experimentais, lutassem para adquirir um *status* tão elevado ou relevante quanto o das ciências teóricas (o que é claro na obra-prima de Bacon).

A operacionalidade da ciência com suas claras características práticas foi fortemente defendida por Newton na qualidade de um reflexo das mudanças. O professor lucasiano defendeu a exatidão dos trabalhos manuais por parte dos novos filósofos naturais; em outras palavras, o filósofo natural deveria ser um artífice perfeito na execução e no planejamento dos experimentos (NEWTON, 1934, *book I*).

Afora essas conseqüências de cunho mais econômico e social, têm-se alguns pontos mais ligados aos interesses particulares (e de alguns seguidores de Newton), bem como a importância da Royal Society no desenvolvimento e na aceitação da física newtoniana. Quem conhece o contexto de desenvolvimento da física newtoniana sabe como as críticas dos pares e as preocupações sociais em referência à aceitação dos seus feitos foram importantes para o amadurecimento e a maior coesão das teorias, dos conceitos e dos métodos defendidos por Newton. O exemplo mais forte dessas preocupações é a publicação do "Commercium Epistolicum", livro publicado em nome da Royal Society para "defender" os direitos de autoria de Newton em relação aos ataques e às disputas de Leibniz.

Em essência, tanto o "Commercium" quanto as "Exposições" tinham como objetivo demonstrar que Leibniz havia plagiado Newton. Apesar de redigido em nome da Royal Society, o próprio Newton, então presidente dessa sociedade, havia redigido o livro em total sigilo. A maquinação do professor lucasiano é um exemplo muito forte dos jogos de interesse sociais da época; além do gênio, há aqui com total clareza alguém disposto a usar de todas as armas necessárias para manter sua posição e o *status* das suas descobertas e impô-las como a doutrina magna a ser seguida – o que fica muitíssimo evidente nas "Exposições".

As disputas por autoria com Hooke e Leibniz talvez sejam o mais nítido exemplo da inquietação de Newton quanto à sua imagem e importância diante do

meio científico da época. Desde muito cedo, o jovem professor lucasiano se mostrava demasiadamente preocupado com o reconhecimento social dos seus trabalhos. Newton queria, o mais rápido possível, ser reconhecido como mecanicista. Já em 1672, ele escreveu uma carta cheia de personalidade ao então presidente da Royal Society, Henry Oldenberg, defendendo a verdade epistêmica extraída dos seus experimentos. O jovem Newton demonstrou sua preocupação em ter seus trabalhos aceitos. Mesmo assim, a validade de seus trabalhos foi friamente contestada devido a pouca continuidade de experimentos válidos e a omissão de não poucos dados qualitativos.

A preocupação com o reconhecimento como filósofo natural (e, em especial, como mecanicista) pode ser encontrada também nas suas várias correspondências trocadas com Robert Boyle. Na verdade, no início de sua carreira científica, o jovem Newton procurou imitar os trabalhos de Boyle, e inspirou-se nisso para modificá-los, usando os prismas para um fim diferenciado (SHAFFER, 2002). O reconhecimento social dele começou a aumentar com a invenção do telescópio de reflexão, instrumento que lhe rendeu um lugar de membro na Royal Society.

Foram os seguidores de Newton, contudo, os responsáveis pela propagação de uma série de idéias do método newtoniano, muitas vezes afastadas do real contexto de seu desenvolvimento social. Maclaurin, como já se disse, foi um dos grandes divulgadores e defensores da física e do "método newtoniano"; sua grande participação na defesa deste deve-se ao seu posicionamento, em diversas ocasiões, ingênuo, entusiasta e dogmático sobre as omissões das explicações causais (MACLAURIN, 2002). Os seguidores de Newton vangloriaram em sua maioria a ciência experimental, descontextualizando-a e omitindo vários pontos importantes do aperfeiçoamento da física newtoniana, como é o caso da frustração da ciência matemática da cor nos "Lectiones Opticae" (SHAPIRO, 2002).

Os seguidores do método newtoniano foram um reflexo, entretanto, da própria insistência de Newton em convencer a todos (principalmente em relação aos seus estudos ópticos) de que havia provas experimentais suficientes para a confirmação das suas teorias. Para isso, utilizou-se muitas vezes da sua autoridade perante a sociedade científica; mas antes de ter alcançado o reconhecimento, serviu-se também da apoucada quantidade de experimentos para valer-se da autoridade da experimentação (HALL; HALL, 2002).

Nesse mesmo caminho, Newton, em suas disputas por autoria, quando os experimentos não se faziam suficientes, valeu-se da autoridade dos seus supostos predecessores. Durante as acirradas trocas de críticas com Hooke, encontra-se o emprego de frases como "se vi mais longe, foi porque estava sobre os ombros de gigantes". Sentença que traz uma clara referência a Copérnico, Kepler e Galileu – esse último que foi uma das inspirações do jovem estudante de Cambridge sobre os estudos do movimento.

Os trabalhos de Newton desde cedo podem sim ser vistos com um exemplo total das conquistas da nova ciência; mas estão longe de ser uma rede de teorias, doutrinas e conceitos desenvolvidos de modo descontextualizado, ou seja, realizados por uma mente brilhante enfurnada solitariamente em uma torre de marfim. As cartas a Bentley com instruções relativas às leituras necessárias antes de se aventurar na compreensão do "Principia" são também um claro exemplo disso.

Falando-se outra vez da obra-prima de Newton, tem-se ainda um ótimo ensinamento sobre os desafios sociais enfrentados pelo seu autor durante as lutas pela aceitação de sua doutrina. Por meio de uma leitura mais contextualizada, é possível perceber que Newton defende sua doutrina dos seus oponentes do início ao fim do livro. No "Livro Terceiro", percebe-se o professor lucasiano tentando abrigar sua teoria sobre os braços da matematização, fugindo das discussões de cunho ontológico, nas quais o "De motu" havia provado duras penas. Esse tomo em específico também foi escrito em uma linguagem mais popular, a exemplo do "Óptica", a fim de esquivar-se, entre outras coisas, de interpretações inseguras (NEWTON, 1934, *book III*).

Contrapondo-se às concepções rígidas do método científico, é importante lembrar que o próprio Newton não estava muito seguro do seu "método" e "sistema" (COHEN, 2002). Isso pode ser visto, como já se comentou nas seções anteriores, em suas cartas pessoais, em que ele procura explicar as fraquezas ontológicas de sua teoria baseando-se ou nas apoucadas possibilidades observacionais e experimentais ou em suas crenças pessoais.

Por fim, ao se falar das concepções elitistas de fazer ciência, não se pode esquecer-se do período da vida de Newton mais marcado por ela; o "annus mirabilis" é sem dúvida a grande bandeira dos anedotistas da história das ciências. Ao escrever suas supostas memórias a respeito, Newton se tornou um dos grandes responsáveis pela mística que rodeia esses dezoito meses de afastamento de

Cambridge (NEWTON, [17--] apud WESTFALL, 1983). Memórias essas que revelam os traços mais marcantes da personalidade do filósofo de Woolsthorpe.

Qualquer historiador da ciência sabe do contexto em que se insere essa memória; o que está em pauta são as lutas pela autoria com Leibniz. Assim, estipular uma data específica para suas idéias era uma questão necessária nesses conflitos.

Independentemente de todas as complicações que circundam as disputas pessoais e por autoria, sabe-se que Newton não escreveu sua obra-prima durante o "annus mirabilis". Muito menos, ele sabia (ou havia descoberto) naquela época os conceitos fundamentais contidos no "Principia", os quais foram fruto de longos amadurecimentos.

Após essa exposição das contraposições às opiniões elitistas e socialmente neutras do fazer científico, concentra-se agora a atenção mais especificamente sobre as opiniões rígida e empírico-indutivista. Essas duas opiniões são as mais difundidas na literatura; contudo, são elas as que mais facilmente podem ser contextualizadas. Uma simples discussão a respeito do método, quer em relação à sua compreensão, quer em referência ao seu papel na ciência moderna e atual, pode contribuir em muito para a quebra desse problema.

Como já se falou demasiadas vezes, os seguidores de Newton foram um dos grandes responsáveis pela propagação de uma compreensão ingênua a respeito do "método" newtoniano – se é que se pode dizer que Newton teve um método específico. Cohen costuma chamá-lo de estilo newtoniano de fazer ciência.

O professor lucasiano defendeu sim a experimentação-indutiva, como suas várias etapas, na estruturação no conhecimento "seguro". A frase mais conhecida de Newton para evidenciar esse apreço pela indução é a "hypotheses non fingo". A compreensão contextualizada dessa frase famosa, todavia, já serve como contraposição clara a concepções empírico-indutivistas ingênuas.

No "Escólio Geral" da "Demonstração", Newton diz "não inventar hipóteses", pois ele teria supostamente deduzido seu conjunto de idéias diretamente dos fenômenos naturais. Se se seguir os dizeres de Newton, as concepções mais ingênuas a respeito da indução podem até encontrar significativos apoios. Isso, porém, só pode ser feito se todo o processo de desenvolvimento e de descoberta da física newtoniana for descontextualizado. No fundo, sabe-se que Newton se utilizava da experimentação, bem como do poder provindo desta, para tentar fugir das

acusações de que sua teoria estaria banhada em qualidades ocultas e em hipóteses meramente metafísicas.

É nesse contexto que aparece a frase "hypotheses non fingo"; pois, tempos antes da publicação do "Principia", o padre Pardies (em não poucas correspondências) chamou a teoria newtoniana de conjunto de hipóteses, provocando grande indignação do respeitado professor lucasiano. Em resposta às críticas do padre francês, Newton defende que as hipóteses somente poderiam ter validade na medida em que pudessem propor novos experimentos (1672 apud COHEN; WESTFALL, 2002).

Em essência, os estudos sobre o papel das hipóteses em Newton são um caminho com muitas bifurcações; é possível encontrar justificativas em seus escritos que podem levar ao entendimento de que ele as aceitava em sua teoria ou mesmo a excluía por completo. Apesar de todas as possibilidades, isso antes de tudo é um forte afronte à concepção rígida do método científico.

O método em Newton é, definitivamente, um caminho com muitas possibilidades. Ele se relaciona intimamente com muitas vias para se alcançar a "verdade" científica (COHEN; WESTFALL, 2002); há muitos aspectos metodológicos diferentes em Newton, demonstrando uma oposição às concepções rígidas do método. Existe uma riqueza tão grande de caminhos no "método" newtoniano que racionalistas como Koyré e empiristas como Drake utilizam-se continuamente da física newtoniana para defender suas convicções. Entre essas várias vias para se encontrar o valor epistêmico, o modo de conceber os experimentos e deles extrair conclusões é apenas um. Mesmo assim, o próprio Newton tentou defendê-lo como o único caminho possível para a verdade na ciência moderna.

Para compreender o método em Newton, porém, é preciso ir muito além da simples experimentação e indução; faz-se necessária uma compreensão clara dos aspectos relacionados com as causas finais e metafísicas e, ao mesmo tempo, saber o papel da matemática nesse processo. Isso é importante, porque as omissões das necessidades explicativas das causas relacionam-se intimamente com o valor dado por Newton à experimentação.

Acima de tudo, o filósofo britânico é um grande símbolo da preocupação moderna com o método nas ciências. Ele sabia que, para uma teoria ser bem-aceita pela comunidade científica, era preciso investir em uma metodologia adequada. Suas duas principais obras foram um reflexo disso: o "Óptica" divulga ao público

geral a correta arte do experimentador na concepção de Newton; o "Principia" apresenta uma seção especial chamada "Regulae Philosophandi" ou, simplesmente, as regras para a filosofia natural.

A experimentação teve um papel importantíssimo no desenvolvimento da óptica newtoniana; conceitos como refração foram extraídos da experiência (SHAPIRO, 2002). No entanto, é necessário perceber que a experimentação não detinha tanta autoridade quanto possa parecer. Mesmo com sua relativa base experimental, a óptica de Newton ainda não havia alcançado uma aceitação considerável no meio científico, apesar de o "Principia" já haver desfrutado de muitos seguidores.

Tempo depois da divulgação do "Principia", o professor lucasiano decidiu publicar o "Óptica"; mais exatamente, apenas após a morte de Hooke, um dos grandes críticos dos experimentos newtonianos, o "Óptica" chegou aos olhos dos leitores e críticos. Com a morte de Hooke, Newton se sentiu mais à vontade para basear ainda mais a sua óptica nos experimentos, mesmo que estes apresentassem muitas omissões e problemas estruturais e de formulação lógica.

As teorias ópticas do filósofo britânico são mais do que experimentos; há nelas um dualismo claro entre o papel da matematização e o da experimentação. Esse dualismo pode servir, outra vez, como um exemplo contra as opiniões rígidas do fazer científico. O "Lectiones Opticae" é um modelo para esse dualismo; nele Newton estava decidido em divulgar uma ciência matemática da cor: a mensuração não era a chave, mas sim o cálculo (SHAPIRO, 2002). Essa indecisão entre a matematização e a contingência da experimentação foi um dos traços notáveis do desenvolvimento lento e amadurecido de toda a óptica newtoniana.

Outro dualismo, aquele marcado pela equivalência entre o mundo físico e a construção matemática no "Principia", por outro lado, tem considerável papel nessa contextualização; a gravidade (descrita e demonstrada por um axioma) seria o equivalente físico desse fenômeno (NEWTON, 1934, *book I*). Paralelamente, outros problemas ontológicos surgiram para o professor lucasiano; pois, se o princípio das teorias newtonianas está estruturado pela matematização, logo eles não provêm da experiência ou da observação. Assim, o problema não era a matematização nem a experimentação, mas o porquê do fenômeno, isto é, o duelo entre o mundo físico e o matemático.

Após a frustração da teoria matemática da cor, há um novo artifício de Newton para a aceitação de suas teorias: o experimento crucial (NEWTON, [167-]). O *experimentum crucis* passa a fazer parte do contexto das disputas de aceitação da teoria newtoniana da cor e luz, uma vez que os experimentos anteriores não haviam ganhado a notoriedade esperada por Newton. Afinal de contas, os homens da nova ciência não eram ingênuos o suficiente para ficarem impressionados com a simples verificação experimental.

Em essência, as teorias de Newton careciam de um maior apoio ontológico e epistemológico. Esse fato é um arrasador contraponto a concepções ingenuamente rígidas do fazer científico. Além disso, o professor lucasiano defendeu continuamente que a única prova a ser examinada provinha do experimento crucial. Contudo, ninguém conseguiu reproduzir os experimentos dele; principalmente, o mais importante (o *experimentum crucis*) não conseguiu ser reproduzido pelos pares – Newton muitas vezes omitia várias informações e dados, como se vê na carta de fevereiro de 1672 para Oldenburg.

No "Óptica", Newton não usou mais o termo experimento crucial, bem como omitiu os seus principais críticos, os quais sem dúvida contribuíram para o amadurecimento de todo o corpo teórico, como é o caso de Mariotte e Lucas (SHAFFER, 2002). De todos os críticos aquele que mais se destacou foi sem dúvidas Robert Hooke; ele ironizava constantemente o pequeno número de experimentos realizados por Newton (HOOKE, 1672). A principal argumentação de Hooke era contra a valorização exacerbada sobre a verificação experimental, especialmente a baseada em poucos experimentos. Para esse filósofo, as comprovações experimentais de Newton não diziam nada a mais do que ele próprio poderia resolver com uma série de hipóteses diferentes.

5.4 BREVE DISCUSSÃO SOBRE AS POSSIBILIDADES E SUAS LIMITAÇÕES

Tomando-se como referência o texto-base da quarta seção e a contraposição exposta até aqui, é espontâneo perceber o nível relativamente alto de certas discussões de cunho epistemológico e ontológico. Assim, uma possível aplicação dependerá de algumas variáveis. Estas estão correlacionadas com a atual

realidade dos cursos de formação científica, haja vista os alunos não estarem habituados a leituras filosóficas a respeito da ciência.

Mais do que conhecer a história e a filosofia da ciência como enriquecimento cultural e filosófico, discussões desse tipo podem auxiliar em formas diferenciadas e mais adequadas na compreensão dos conceitos físicos. Tal posicionamento justificaria a inserção desses debates filosóficos desde o início dos cursos; no entanto, isso demandaria toda uma reformulação estrutural dos atuais currículos.

Afinal, não se poderia trazer à tona discussões filosóficas sobre a ciência utilizando os livros-textos tradicionais como referência. Mais profundamente, seria de todo inviável que disciplinas com essa nova roupagem ou preocupação sejam ministradas por quem não teve uma formação específica mínima que aborde temas desse tipo (MARTINS, 2006).

Quanto aos textos a serem empregados nas abordagens, a leitura de originais seria o ideal; contudo, uma empreitada nesses moldes necessitaria de um tempo de aprofundamento maior (e quase sempre inviável). Outro problema também surge nesse contexto: a falta de bons e confiáveis materiais escritos para esse fim. Textos como o apresentado na quarta seção deste trabalho, conforme foi dito – apesar da completa atenção dada a vários aspectos relevantes do contexto de desenvolvimento da física newtoniana –, ainda sim careceriam de uma adequação pedagógica para serem utilizados em um curso específico na formação científica.

Com as devidas referências pedagógicas levadas em conta na adaptação do texto da quarta seção (atentando sempre para a importância das contraposições às opiniões problemáticas), a inclusão de discussões filosóficas e históricas a respeito da ciência e do conhecimento científico poderia fazer parte de uma disciplina específica. Naturalmente, há aqui uma inviabilidade de se adentrar a fundo nessas questões, haja vista não fazer parte do objetivo principal deste trabalho.

Todavia, é notável que a possibilidade de uma disciplina contemplativa de discussões filosóficas a respeito da física newtoniana ocorra, por exemplo, apenas ao fim de um curso de formação em física. Esses debates de cunho filosófico não deveriam dar-se somente no âmbito da física clássica (ou, mais especificamente, no da física newtoniana, que é o objeto central de exemplo deste trabalho); existem bastantes relações e conseqüências filosóficas e epistêmicas importantes no que se refere a outras divisões da física, como a mecânica quântica e a relatividade.

Tanto para a física quanto para a filosofia, assuntos importantes surgiram, bem como ganharam novo destaque com o progresso e o desenvolvimento da física quântica. Temas como a complementaridade, condição, determinismo e indeterminismo já faziam parte das preocupações filosóficas, porém ganharam uma tonalidade muitíssimo nova e importante com o surgimento da mecânica quântica. Naturalmente essas incursões deveriam se dar respeitando as limitações cronológicas e epistemológicas impostas.

No entanto, não há condições efetivas de se adentrar em discussões desse grau em disciplinas tradicionais, pois a incompatibilidade pedagógica e epistemológica se tornaria um obstáculo evidente. Não obstante, uma disciplina específica que tenha por intento discutir os aspectos históricos e filosóficos do desenvolvimento das teorias físicas, tendo como princípio, entre outras coisas, a preocupação com o contraponto às opiniões problemáticas, geraria grandes contribuições para uma formação científica mais aberta e menos dogmática.

Não poderia naturalmente haver um cuidado exclusivo com as opiniões problemáticas; a discussão epistemológica sobre a ciência deve ser o foco principal. Contudo, faz-se necessário que a preocupação para com as opiniões problemáticas esteja presente mesmo que implicitamente, quer na estruturação ementária, quer para o docente. O ministrante da disciplina deve estar, por exemplo, consciente que fatos como a relação de Newton com a desvalorização das hipóteses possam ser utilizados no combate às opiniões rígidas do fazer científico.

Evidentemente, algumas perguntas permanecem no ar; muitas relativas à adequação pedagógica, à falta de materiais apropriados, à formação específica dos professores e a preocupações cronológicas de tais incursões. Quando se pensa temporalmente no tipo de espaço que essas discussões de cunho filosófico e histórico das ciências teriam em uma formação dogmática (para não se dizer atual), tem-se uma resolução óbvia, se tomarmos a descrição kuhniana como referência; isto é: não haveria espaço, bem como a resistência contra ela se configuraria como patente. Entretanto, desde o início, este trabalho teve como princípio o combate à postura dogmática na formação científica.

Dessa forma, a questão temporal pode ser dividida em duas suposições: falar da atual formação, refletindo como uma proposta poderia almejar espaço e tempo, ou visar uma formação ideal, na qual toda uma nova estrutura curricular poderia ser criada. Como a intenção nessa subseção é tentar aproximar nossa

proposta, de modo pressuposto, da realidade atual, assume-se a primeira possibilidade; pensa-se aqui como poderiam essas discussões fazer parte integrante, almejando espaço e tempo, nesse contexto.

Criando-se um campo de sugestões para com a formação atual, seria fundamental pensar no tempo disponível para essa incursão na história e na filosofia da ciência. Os currículos atuais, em sua maioria, apresentam uma grade curricular cheia e praticamente completa, disponibilizando poucas possibilidades para a criação de novas disciplinas. Assim, o teor quantitativo dos conteúdos a serem apresentados estaria comprometido, exigindo primeiramente uma seleção muitíssimo cuidadosa deles.

Nesse caminho, deve-se também levar em consideração que, na maioria dos casos, seria o primeiro contato dos estudantes com a filosofia e a história das ciências. Portanto, além de os conteúdos visarem a quebra das concepções ingênuas a respeito da ciência e dos conhecimentos científicos, eles devem igualmente servir como uma introdução à história e à filosofia da ciência.

Alguns cursos possuem disciplinas sobre história e filosofia da física, as quais realizam uma espécie de introdução temática sobre estes assuntos. Tais disciplinas (não há dúvida) exercem um papel importante na contextualização de vários aspectos do desenvolvimento científico e, em especial, da física; entretanto, existem certas lacunas na estruturação dessas disciplinas que podem ser melhoradas e aprofundadas.

Na maioria dos casos, há uma clara separação entre a história e a filosofia da física. Por vezes, fala-se apenas da evolução dos conceitos, apresentando-se certa ordem cronológica e esquecendo as várias conseqüências ontológicas e epistêmicas envolvidas na reformulação ou desconstrução conceitual; em outras ocasiões, expõe-se a filosofia como um aglomerado de escolas, círculos e nomes famosos, excluindo dos debates as preocupações mais diretas quanto às conseqüências epistemológicas da ciência ou para a ciência.

A junção entre a história e a filosofia, porém, é uma arma muitíssimo importante quando se pensa nos benefícios para a formação científica. Não se está falando que haja uma interdependência obrigatória para ambas; não há aqui uma aproximação com as propostas de Lakatos (1987, 1989). No entanto, entende-se que, ao visar a formação científica, a correlação entre as duas se torna essencial e indispensável.

Com total certeza, outra preocupação passa a se tornar evidente: com que dosagem tal introdução deve ser efetuada? Isso leva a pensar nos tipos de materiais que poderiam ser utilizados como referências. Como foi dito, a utilização de originais seria verdadeiramente o ideal, haja vista a maior abertura reflexiva proporcionada pela sua leitura. A leitura dos originais, de modo crítico e significativo, traz certa parcela implícita de humanização dos seus autores, possibilitando a verificação na própria fonte dos erros e acertos dos cientistas e filósofos. A concepção elitista e individualista de se compreender o fazer científico encontra nesse ponto uma grande oposição.

Contudo, a leitura de originais exige, por sua vez, um tempo maior de estudos, que não é disponível nem possível em uma disciplina na formação científica atual. Do mesmo modo, outro caminho deve ser percorrido, utilizando-se de textos, como a quarta seção, onde são apresentados pequenos extratos e referências de originais.

Deve-se, no entanto, tomar muito cuidado para que os conteúdos a serem apresentados não sigam os mesmos caminhos traçados pelos manuais utilizados na formação científica. Os conteúdos não devem seguir uma ordem fechada e dogmática, o que os tornaria meras apostilas sobre história e filosofia da ciência, desconsiderando todo o poder reflexivo e autônomo imprescindível para a reflexão filosófica.

A falta de materiais adequados também se liga diretamente à adequação pedagógica que um texto deve sofrer antes de ser utilizado na sala de aula. Antes de tudo, deve-se atentar para o que se pode compreender como adequação pedagógica, pois o intuito não é dar a essa noção uma idéia de campo intermediário entre a filosofia da educação, a psicologia etc. Esse ajuste pedagógico deve ser compreendido como um caminho e um conjunto de procedimento e orientações para a possível apreensão do conteúdo em questão; de certo modo, fala-se assim da pedagogia do ponto de vista epistemológico. É fácil perceber como a adaptação só poderia ser feita por um pesquisador na área de ensino de ciência, porque se espera desses profissionais a capacidade de intervir em questões relativas às implicações pedagógicas, bem como de compreender, de modo aprofundado, a importância crítica da história e da filosofia da ciência na formação científica.

Sabe-se da complexidade envolvida na estruturação de uma nova disciplina (e, ainda mais, no arranjo de outra estrutura curricular); apesar disso, não se pode

fechar os olhos para todas as lacunas na formação científica nem para as carências epistemológicas evidenciadas no presente trabalho. Desse modo, para concluir, pode-se indicar, como sugestão final sobre os cursos atuais (respeitando-se destarte os currículos), a criação de uma nova disciplina que esteja atenta às discussões filosóficas a respeito das características da produção do conhecimento científico, dos enlaces do trabalho científico e da evolução contextualizada dos conceitos físicos e filosóficos envolvidos.

REFERÊNCIAS

ABBAGNNO, N. *Dicionário de filosofia*. 5. ed. São Paulo: M. Fontes, 2007.

ABRANTES, P. *Imagens de natureza, imagens de ciência*. Campinas, SP: Papirus, 1998.

ALBERT, E. Foreword by Albert Einstein. In: NEWTON, I. *Opticks or a treatise of the reflections, refractions, inflections & colours of light*. New York: Dover, 1952.

ALENCAR-FILHO, E. *Iniciação à lógica matemática*. 16. ed. São Paulo: Nobel, 1986.

ANGIONI, L. Notas. In: ARISTÓTELES. *Segundos analíticos*. Tradução, introdução e notas de Lucas Angioni. Campinas, SP: IFHC/Unicamp, 2004. livro I.

_____. Comentários e notas. In: ARISTÓTELES. *Física I & II*. Tradução e comentários de Lucas Angioni. Campinas, SP: IFHC/Unicamp, 2009. No prelo.

AQUINO, T. *Suma teológica*. Disponível em: <<http://hfg.com.ar/sumat>>. Acesso em: 08 abr. 2008.

ARISTÓTELES. *Metafísica*. Edição trilingüe por Valentin Garcia Yebra. Madrid: Gredos, 1970. 2 v.

_____. *Acerca del alma*. Traducción y notas de Tomás Calvo Martínez. Madrid: Biblioteca Básica Gredos, 1978.

_____. *Física*. Tradução e notas de Guillermo R. de Echandía. Madrid: Gredos, 1995.

_____. *Segundos analíticos*. Tradução, introdução e notas de Lucas Angioni. Campinas, SP: IFHC/Unicamp, 2004. livro I.

_____. *Física I & II*. Tradução e comentários de Lucas Angioni. Campinas, SP: IFHC/Unicamp, 2009. No prelo.

ARISTOTLE. Posterior analytics. Translation of Jonathan Barnes. In: JONATHAN (Ed.). *The complete works of Aristotle: the revised Oxford translation*. Princeton: Princeton University Press, 1984.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Ciência-tecnologia-sociedade: relações estabelecidas por professores de ciências. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, v. 5, n. 2, 2006.

BACON, F. *Novum organum*. New York; Berlin: Globusz Publishing, [200-]. Arquivo executável.

BAON, F. *Novum Organum*: latim. [s.l.], [s.n.], 2002. Documento do Microsoft Reader. Disponível em: <<http://www.thelatinlibrary.com/bacon.html>>. Acesso em: 02 fev. 2009.

BASTOS, C.; CANDIOTTO, K. *Filosofia da ciência*. Petrópolis: Vozes, 2008.

BERKELEY, G. O analista. In: COHEN, B.; WESTFALL, R. *Newton: textos, antecedentes, comentários*. Rio de Janeiro: Contraponto; Ed. UERJ, 2002. p. 483-489.

BRINCONES, I. et al. Identificación de comportamientos y características deseables del profesorado de ciencias experimentales del bachillerato. *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, v. 4, n. 3, p. 209-222, 1986.

BRISCOE, C. The dynamic interactions among beliefs, role metaphores and teaching practices: a case study of teacher change. *Science education*, New York, v. 75, n. 2, p. 185-199, 1991.

BROMME, J. Conocimientos profesionales de los profesores. *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, v. 6, n. 1, p. 185-199, 1988.

BUNGE, M. *Ciencia, técnica y desarrollo*. Edición ampliada y corregida. Buenos Aires: Sudamericana, 1997.

CAMPANARIO, J. Have referees rejected some of the most-cited articles of all times? *Journal of the American Society for Information Science*, New York, v. 47, p. 302-310, 1996.

_____. La ciencia que no enseñamos. *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, v. 17, n. 3, p. 397-410, 1999.

_____. Asalto al castillo: que esperamos para abordar en serio la formación didáctica de los profesores universitarios de ciencias? *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, v. 20, n. 2, 2002.

CARVALHO, A.; GIL-PÉREZ, D. G. As pesquisas em ensino influenciando a formação de professores. *Revista brasileira de ensino de física*, São Paulo, v. 4, n. 4, 1992.

_____. G. *Formação de professores de ciências: tendências e inovações*. São Paulo: Cortez, 1993.

CAYGILL, H. *Dicionário Kant*. Rio de Janeiro: J. Zahar, 2000.

CHEVALLARD, Y. *La transposición didáctica*. Buenos Aires: Aique, 1997.

CLEMINSON, A. Establishing an epistemological base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature of science and of how children learn science. *Journal of research in science teaching*, Maryland, v. 27, n. 5, p. 429- 445, 1990.

COHEN, B.; WESTFALL, R. *Newton: textos, antecedentes, comentários*. Rio de Janeiro: Contraponto; Ed. UERJ, 2002.

COMTE, A. Curso de filosofia positiva: discurso sobre o espírito positivo: discurso preliminar sobre o conjunto do positivismo: catecismo positivista. In: COMTE. São Paulo: Nova Cultural, 2000. (Os Pensadores).

_____. *Cours de philosophie positive: 1830-1842*. Chicoutimi: Université du Québec, 2002.

CORNELLI, G.; COELHO, M. "Quem não é geômetra não entre!": geometria, filosofia e platonismo. *Kriterion*, Belo Horizonte, v. 48, n. 116, 2007.

COTTINGHAM, J. *Dicionário Descartes*. Rio de Janeiro: J. Zahar, 1995.

CUDMANI, L.; SANDOVAL, J. Es importante la epistemología de las ciencias en la formación de investigadores. *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, v. 22, n. 3, 2004.

CUNHA, A. *Dicionário etimológico da língua portuguesa*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986.

CUPANI, A. A ciência como conhecimento “situado”. In: MARTINS, R. A.; MARTINS, L. A. C. P.; SILVA, C. C.; FERREIRA, J. M. H. (Ed.). *Filosofia e história da ciência no Cone Sul: 3º Encontro*. Campinas, SP: AFHIC, 2004. p. 12-22.

DANCY, J. *Introducción a la epistemología contemporánea*. Madrid: Tecnos, 1986.

DESCARTES, R. Discurso do método. In: DESCARTES. São Paulo: Nova Cultural, 1999. (Os Pensadores).

_____. *The principles of philosophy*. Translation George MacDonald Ross, 1998. Disponível em: <<http://www.philosophy.leeds.ac.uk/GMR/hmp/texts/modern/descartes/principles/dcprinc.html>>. Acesso em: 17 jan. 2009.

DUMAS-CARRÉ, A. et al. Formação inicial del profesorado de ciencias en Francia, Inglaterra y Gales y España. *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, v. 8, n. 3, 1990.

DURANT, W. *A história da filosofia*. São Paulo: Nova Cultural, 1996. (Os Pensadores).

DUTRA, L. H. A. *Introdução à teoria da ciência*. 2. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2003.

ECHANDÍA, G. Notas. In: ARISTÓTELES. *Física*. Tradução e notas de Guillermo R. de Echandía. Madrid: Gredos, 1995.

EL-HANI, C. Notas sobre o ensino de história e filosofia da biologia na educação superior. In: NARDI, R. (Org.). *A pesquisa em ensino de ciências no Brasil: alguns recortes*. São Paulo: Escrituras, 2007.

ESPINOSA, B. Ética. In: BARUCH de Espinosa. São Paulo: Nova Cultural, 1997. (Os Pensadores).

FERNANDEZ, A.; ESCANDELL, M. Contra el mito de la neutralidad de la ciencia: el papel de la historia. *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, v. 4, n. 2, p. 163-166, 1986.

FERNÁNDEZ, I. et al. Visiones deformadas de la ciencia transmitidas per la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, v. 20, n. 3, p. 477-488, 2002.

FERRATER MORA, J. *Diccionario de filosofía*. 3. ed. Buenos Aires: Motecasinó, 1965.

FEYERABEND, P. *Contra o método*. Tradução de Octanny S. da Mota e Leônidas Hegenberg. Rio de Janeiro: F. Alves, 1977.

_____. *Against method*. 3. ed. London: Verso, 1993.

FLECK, L. La génesis y el desarrollo de un hecho científico. Madrid: Alianza Universidad, 1986.

FREITAS, D.; VILLANI, A. Formação de professores de ciências: um desafio sem limites. *Investigações em ensino de ciências*, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 215-230, 2002.

FREITAS, R. *Sociologia do conhecimento: pragmatismo e pensamento evolutivo*. Bauru, SP: Edusc, 2003.

FURIÓ-MAS, C. Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, v. 12, n. 2, p. 188-199, 1994.

FURIÓ-MAS, C.; GIL-PÉREZ, D. La didáctica de las ciencias en la formación inicial del profesorado. *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, v. 7, n. 3, p. 157-265, 1986.

GIL-PÉREZ, D. Tres paradigmas básicos en la enseñanza de la ciencia. *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, v. 1, n. 1, p. 26-33, 1983.

_____. La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, v. 4, n. 2, p. 11-121, 1986.

GIL-PÉREZ, D. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & educação*, Bauru, SP, v. 7, n. 2, 2001.

GORDILLO, M. et al. Introdução aos estudos CTS (ciência, tecnologia e sociedade). *Cuadernos de Iberoamérica*. Madrid: OEI, 2005.

GRAVINA, M.; BUCHWEITZ, B. Mudanças nas concepções alternativas de estudantes relacionadas com eletricidade. *Revista brasileira de ensino de física*, São Paulo, v. 16, n. 4, p. 110–119, 1994.

GROSS, R. *Paidéia: as múltiplas faces da utopia em pedagogia*. 2005. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2005.

_____. A Paidéia como Bildung: a trajetória do conceito grego à modernidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HISTÓRIA DA EDUCAÇÃO, 4., v. 1, p. 3-10. 2006, Goiânia. *Anais eletrônicos...* Goiânia: Universidade Católica de Goiás, 2006. Disponível em: < <http://www.sbhe.org.br/novo/congressos/cbhe4>>. Acesso em: 21 jan. 2009.

GUSTAFSON, J.; ROWELL, P. Elementary preservice teachers constructing conceptions about learning science, teaching science and the nature of science. *International journal of science education*, London, v. 17, p. 589-605, 1995.

HALL, A.; HALL, M. Newton e a teoria da matéria. In: COHEN, B.; WESTFALL, R. *Newton: textos, antecedentes, comentários*. Rio de Janeiro: Contraponto; Ed. UERJ, 2002. p. 100-118.

HESSEN, B. As raízes sociais e econômicas dos “Principia” de Newton. *Revista brasileira de ensino de física*, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 37-55, 1984.

HODSON, D. Toward a philosophically more valid science curriculum. *Science education*, New York, v. 72, n. 1, 1988.

HOOKE, R. Robert Hooke's critique of Newton's 'theory about light and colors'. 1672. In: BIRCH, T. *The history of the Royal Society of London*, London, v. 3, p. 10-15, 1757.

KANT, I. *Crítica da razão pura*. Lisboa: Fundação C. Gulbekian, 2001.

KEYNES, J. M. Newton the man. In: NEWMAN, J. R. (Ed.). *The world of mathematics*. New York: Simon & Schuster, 1956. v. 1.

KLOULIDIS, V.; OGBORN, J. Science teacher philosophical assumptions: How well do we understand them? *International journal science education*, London, v. 17, n. 3, p. 273-283, 1995.

KOYRÉ, A. *Newtonian studies*. Chicago: The University of Chicago Press, 1965.

KUBRIN, D. Newton and the cyclical cosmos: providence and the mechanical philosophy. *Journal of the history of ideas*, Philadelphia, PA, v. 28, n. 3, p. 325-346, Jul.-Sep., 1967.

KUHN, T. S. *A tensão essencial*. Lisboa: Edições 70, 1977.

_____. The structure of scientific revolutions. 2. ed. Enlarged. *Internacional encyclopedia of unified science*, Chicago, v. 2, n. 2, 1979.

LACEY, H. Vida e obra: Newton. In: NEWTON. São Paulo: Nova Cultural, 2000. (Os Pensadores).

LAËRTIUS, D. The lives and opinions of eminent philosophers. Book VII. *Internet archive: wayback machine*. Disponível em: <[http://web.archive.org/web/20031105082623/www.southalabama.edu/philosophy/coker/PHL_240/Web_Hellenistic_Philosophy/Stoics+\(Zeno,+et+al\).htm](http://web.archive.org/web/20031105082623/www.southalabama.edu/philosophy/coker/PHL_240/Web_Hellenistic_Philosophy/Stoics+(Zeno,+et+al).htm)>. Acesso em: 07 abr. 2008.

LAKATOS, I. *A lógica do descobrimento matemático: provas e refutações*. Rio de Janeiro: Zahar, 1978.

_____. *Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*. Madrid: Tecnos, 1987.

_____. *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza, 1989.

LATOUR, B.; WOOLGAR, S. *Laboratory life: the construction of scientific facts*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1979.

MACLAURIN, C. An account of Sir Isaac Newton's philosophical discoveries. In:

COHEN, B.; WESTFALL, R. *Newton: textos, antecedentes, comentários*. Rio de Janeiro: Contraponto; Ed. UERJ, 2002. p. 159-163, 333-341.

MAGALHÃES, S.; CELINA, T. Educação em ciências para uma articulação ciência, tecnologia, sociedade e pensamento crítico: um programa de formação de professores. *Revista portuguesa de educação*, Braga, v. 19, n. 2, 2006.

MANASSERO, M.; VAZQUEZ, A. Actitudes de estudiantes y profesorado sobre las características de los científicos. *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, v. 19, n. 2, p. 255-259, 2001.

MARTINS, R. A história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, C. (Org.). *Estudos de história e filosofia da ciência: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

MASTERMAN, M. A natureza do paradigma. In: LAKATOS & MUSGRAVE. *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Cultrix: Editora da Universidade de São Paulo, 1979.

MCGUIRE, J.; RATTANSI, P. Newton and the "pipes of pan". *Notes and records of the Royal Society*, London, v. 21, n. 2, 1966.

MELO, A.; PEDUZZI, L. Contribuições da epistemologia bachelardiana no estudo da história da óptica. *Ciência & educação*, Bauru, SP, v. 13, n. 1, p. 99-126, 2007.

MENGASCINI, A. et al. Las imágenes de ciencia y de científico de estudiantes de carreras científicas. *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, v. 22, n. 1, p. 65-78, 2004.

MERTON, R. *Social theory and social structure*. Glencoe: Free Press, 1949.

MONTEIRO, J. Vida e obra: Hobbes. In: HOBBS. São Paulo: Nova Cultural, 1999. (Os Pensadores).

MOREIRA, M. O professor-pesquisador como instrumento de melhoria do ensino de ciências. *Em aberto*, Brasília, ano 7, n. 40, 1988.

MOREIRA, M.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino do método científico. *Caderno catarinense de ensino de física*, Florianópolis, v. 10, n. 2, p. 108-117, 1993.

MORTIMER, E. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: Para onde vamos? *Investigações em ensino de ciências*, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.

NEWTON, I. A letter of Mr. Isaac Newton, professor of the Mathematicks in the University of Cambridge. Carta. *Philosophical transaction of the Royal Society*, London, n. 80, p. 3075-3087, 1672. Disponível em: <<http://www.newtonproject.sussex.ac.uk>>. Acesso em: 03 fev. 2009.

_____. *An hypothesis explaining the properties of light*. discoursed of in my several papers. 1675. Disponível em: <<http://www.newtonproject.sussex.ac.uk>>. Acesso em: 08 fev. 2009.

_____. Mr Newton's Answer to the precedent Letter. *Philosophical transaction of the Royal Society*, London, n. 128, p. 698-705, 1676. Disponível em: <<http://www.newtonproject.sussex.ac.uk>>. Acesso em: 03 fev. 2009.

_____. *Original letter from Isaac Newton to Richard Bentley*. Cambridge: Trinity College Library, 1692. Carta. Disponível em: <<http://www.newtonproject.sussex.ac.uk>>. Acesso em: 03 fev. 2009.

_____. *A theory concerning light and colors*. Cambridge: Cambridge University Library, [167-]. Carta. Disponível em: <<http://www.newtonproject.sussex.ac.uk>>. Acesso em: 03 fev. 2009.

_____. An account of the book entituled commercium epistolicum collinii et aliorum, de analysi promotum. *Philosophical transaction of the Royal Society of London*, London, n. 342, p. 173-224, [171-].

_____. *Mathematical principles of natural philosophy and system of the world*. Tradução de Andrew Motte. Berkeley: University of California Press, 1934.

_____. *Opticks or a treatise of the reflections, refractions, inflections & colours of light*. New York: Dover, 1952.

_____. Questiones quaedam philosophicae. In: COHEN, B.; WESTFALL, R. *Newton: textos, antecedentes, comentários*. Rio de Janeiro: Contraponto; Ed. UERJ, 2002. p. 22-30.

NISSANI, M. The plight of the obscure innovator in science. *Social Studies of science*, Oxford, v. 25, p. 165-183, 1995.

OKI, M.; MORADILLHO, E. O ensino de história da química: contribuindo para a compreensão da natureza da ciência. *Ciência & educação*, Bauru, SP, v. 14, n. 1, p. 67-88, 2008.

PARUELO, J. Enseñanza de las ciencias y filosofía. *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, v. 21, n. 2, p. 339-335, 2003.

PESSANHA, J. Vida e obra: Descartes. In: DESCARTES. São Paulo: Nova Cultural, 1999. (Os Pensadores).

PETRUCCI, D. et al. Imagen de la ciencia en alumnos universitarios: una revisión y resultados. *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, v. 19, n. 2, p. 217-229, 2001.

PLATÃO. A República. Introdução e notas de Robert Baccou e tradução de J. Guinsburg. São Paulo: Difusão Européia do Livro, 1965. 2 v.

POMEROY, D. Implications of teachers' beliefs about the nature of science: comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers. *Science education*, New York, v. 77, n. 3, p. 261-278, 1993.

POPPER, K. A ciência normal e seus perigos. In: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Cultrix: Editora da USP, 1979.

_____. Conjeturas y refutaciones. Barcelona: Paidós Ibérica, 1991.

_____. *A lógica da pesquisa científica*. 9. ed. São Paulo: Cultrix: 2001.

PORLÁN, R. La formación del profesorado en un contexto constructivista. *Investigações em ensino de ciências*, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 271-281, 2002.

PRAIA, J.; CACHAPUZ, F. Un análisis de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento científico de los profesores portugueses de la enseñanza secundaria. *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, n. 12, p. 350-354, 1994.

ROSA, K.; MARTINS, M. A inserção de história e filosofia da ciência no currículo de licenciatura em física da Universidade Federal da Bahia: uma visão de professores universitários. *Investigações em ensino de ciências*, Porto Alegre, v. 12, n. 3, dez. 2007. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino>>. Acesso em: 08 abr. 2008.

SANDOVAL, J. et al. Las concepciones epistemológicas de los docentes en la enseñanza de las ciencias fácticas. *Revista brasileira de ensino de física*, São Paulo, v. 17, n. 1, 1995.

SCHAFFER, S. Trabalhos com prismas. In: COHEN, B.; WESTFALL, R. *Newton: textos, antecedentes, comentários*. Rio de Janeiro: Contraponto; Ed. UERJ, 2002. p. 250-269.

SEVERINO, A. A busca do sentido da formação humana: tarefa da filosofia da educação. *Educação e pesquisa*, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 619-634, 2006.

SHAKESPEARE, W. *Hamlet, Prince of Denmark*. New York: Bantam Dell, 2005.

SHAPIRO, A. Experimentação e matemática na teoria da cor. In: COHEN, B.; WESTFALL, R. *Newton: textos, antecedentes, comentários*. Rio de Janeiro: Contraponto; Ed. UERJ, 2002. p. 489-497.

SILVA, M.; DUARTE, M. A relação entre discurso e prática pedagógica na formação inicial de professores. *Investigações em ensino de ciências*, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 231-243, 2002.

STINNER, A. Science textbooks and science teaching: from logic to evidence. *Science education*, New York, v. 76, n. 1, p. 1-16, 1992.

SUAREZ, R. Nota sobre o conceito de Bildung (formação cultural). *Kriterion*, Belo Horizonte, v. 112, p. 191-198, 2005.

SZCZEPANIK, G. *A iniciação e o desenvolvimento da atividade científica segundo a estrutura das revoluções científicas de Thomas Kuhn*. 2005. Dissertação (Mestrado em Filosofia) – Pós-Graduação em Filosofia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

- THACKRAY, A. A matéria em uma casca de nós: a óptica de Newton e a química do século XVIII. In: COHEN, B.; WESTFALL, R. *Newton: textos, antecedentes, comentários*. Rio de Janeiro: Contraponto; Ed. UERJ, 2002. p. 118-128.
- THOMAZ, M. et al. Concepciones de futuros profesores del primer ciclo de primaria sobre la naturaleza de la ciencia: contribuciones de la formación inicial. *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, v. 14, n. 3, p. 315-322, 1996.
- THUILLIER, P. A alquimia de Newton. In: *De Arquimedes a Einstein: a face oculta da invenção científica*. Rio de Janeiro: J. Zahar, 1994.
- TONUCCI, F. et al. Gli atteggiamenti degli insegnanti di scuola elementare nelle scienze biologico-naturalistiche. *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, v. 9, n. 1, p. 28-42, 1991.
- VIANNA, D.; CARVALHO, A. Do fazer ao ensinar ciência: a importância dos episódios de pesquisa na formação de professores. *Investigações em ensino de ciências*, Porto Alegre, v. 6. p. 111-132, 2001.
- VILANOU, C. De la paideia a la bildung: hacia una pedagogía hermenéutica. *Revista portuguesa de educação*, Braga, v. 14, n. 2, 2001.
- WÄCHTERSCHÄUSER, G. Os usos de Karl Popper. In: O'HEAR, A. (Org.). *Karl Popper: filosofia e problemas*. Tradução de Luiz Paulo Rouanet. São Paulo: Unesp, 1997.
- WARNOCK, M. *Os usos da filosofia*. Campinas, SP: Papyrus, 1994.
- WESTFALL, R. *A Biography of Isaac Newton*. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.
- WHITEHEAD, A. N. Science and the modern world. In: COHEN, B.; WESTFALL, R. *Newton: textos, antecedentes, comentários*. Rio de Janeiro: Contraponto; Ed. UERJ, 2002. p. 302-305.
- YOUNG, H.; FREEDMAN, R.; SEARS, F.; ZEMANSKY, M. *Física II: termodinâmica e ondas*. 10. ed. São Paulo: A. Wesley, 2003.