

Para compreender a ciência

PERSPECTIVA HISTÓRICA

- **Olhar para a história**

Caminho para a compreensão da ciência hoje

- **A descoberta da racionalidade
no mundo e no homem**

Grécia Antiga: Homero, Hesíodo, Tales,
Anaximandro, Anaxímenes,
Pitágoras, Heráclito, Parmênides, Demócrito,
Sócrates, Platão, Aristóteles

- **A fé como limite da razão**

Europa Medieval:
Santo Agostinho, São Tomás de Aquino

- **A ciência moderna se institui
A transição para o capitalismo:**

Galileu, Bacon, Descartes, Hobbes, Locke,
Newton

- **A história e a crítica redimensionam
o conhecimento**

O capitalismo nos séculos XVIII e XIX:
Berkeley, Hume, os iluministas franceses, Kant,
Hegel, Comte, Marx

Maria Amália Andery • Nilza Micheletto
Ireneza Maria Pires Sérgio • Denize Rosana Rubano
Melania Moroz • Maria Eliza Pereira
Silvia Catarina Giola • Mônica Gianfaldoni
Márcia Regina Savioli • Maria de Lourdes Zanotto

16/05/2018

Catálogo na Fonte
Sindicato Nacional dos Editores de Livros

Para compreender a ciência: uma perspectiva histórica / Maria Amália Pie Abib Andery...
et al. - Rio de Janeiro: Garamond; São Paulo: EDUC, 2004.

436 p.; 21 cm.

Bibliografia.

ISBN: 85-86435-98-8

1. Ciência - Metodologia. 2. Ciência - Filosofia. 3. Ciência - História. I. Andery, Maria Amália.

CDD 500.18

501

509

Produção Editorial
Eveline Bouteiller Kavakama
Maria Eliza Mazzilli Pereira

Revisão
Sonia Montone
Berenice Haddad Aguerre

Editoração Eletrônica
Elaine Cristine Fernandes da Silva
Maurício Fernandes da Silva

Impressão
ParkGraf Editora Ltda

Capa
Garamond
Sobre os quadros, da esquerda para a direita: "Retrato de Nicolau Kratzer" (1528), de Hans Holbein; "O astrônomo" (1668), de Vermeer de Delft; "Retrato de Erasmo de Rotterdam" (1526), de Hans Holbein; "O geógrafo" (1669), de Vermeer de Delft

EDUC - Editora da PUC-SP
Rua Ministro Godói, 1213, Perdizes
05015-001 - São Paulo - SP
Fonefax: (11) 3873-3359
E-mail: educ@pucsp.br

Editora Garamond Ltda
Rua Santa Cristina, 18
20241-250 - Rio de Janeiro - RJ
Fonefax: (21) 2224-9088
E-mail: garamond@garamond.com.br

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO

Olhar para a história: caminho para a compreensão da ciência hoje 9

PARTE I

A DESCOBERTA DA RACIONALIDADE NO MUNDO

E NO HOMEM: A GRÉCIA ANTIGA 17

Capítulo 1 – O mito explica o mundo 23

Maria Amália Pie Abib Andery

Nilza Micheletto

Tereza Maria de Azevedo Pires Sêrio

Capítulo 2 – O mundo tem uma racionalidade, o homem pode descobri-la . . 33

Maria Amália Pie Abib Andery

Nilza Micheletto

Tereza Maria de Azevedo Pires Sêrio

Capítulo 3 – O pensamento exige método, o conhecimento depende dele 57

Maria Amália Pie Abib Andery

Nilza Micheletto

Tereza Maria de Azevedo Pires Sêrio

*Capítulo 4 – O mundo exige uma nova racionalidade, rompe-se a
unidade do saber. 97*

Maria Amália Pie Abib Andery

Nilza Micheletto

Tereza Maria de Azevedo Pires Sêrio

Referências 127

Bibliografia 129

afirmou, defendeu como sendo dentre elas a melhor (sem ser, no entanto, a única possível) a monarquia absolutista. Esta não era, nem deveria ser, uma monarquia de direito divino, e Hobbes posicionava-se contrariamente a toda ingerência da Igreja sobre o Estado, embora chegasse a fazer uso dos Evangelhos para defender tal forma de organização política. Para Hobbes, um Estado poderia ser “instituído”, quando uma multidão, por meio de um pacto, escolhia seu(s) governante(s), ou poderia ser “adquirido”, pela força. Em qualquer dos casos, reconhecia a legitimidade do soberano e afirmava que este possuía os mesmos poderes.

(...) os direitos e conseqüências da soberania são os mesmos em ambos os casos. Seu poder não pode, sem seu consentimento, ser transferido para outrem; não pode aliená-lo; não pode ser acusado de injúria por qualquer de seus súditos; não pode por eles ser punido. É juiz do que é necessário para a paz, e juiz das doutrinas; é o único legislador, e supremo juiz das controvérsias, assim como dos tempos e ocasiões da guerra e da paz; é a ele que compete a escolha dos magistrados, conselheiros, comandantes, assim como todos os outros funcionários e ministros; é ele quem determina as recompensas e castigos, as honras e as ordens. (Leviatã, p. 122)

O pensamento de Hobbes, ao mesmo tempo que guarda relações com outros pensadores de seu tempo, sem dúvida, guarda relações, também, com as condições históricas em que viveu.

Bacon e Hobbes são pensadores que rompem com a vinculação entre fé e razão. Hobbes afirma que tudo é material (corpo e alma), que tudo é mecânico, e estabelece a primazia da razão, esta também transformada em puro mecanismo. E aqui se distancia de Descartes que considerava mecânico e material apenas o corpo, atribuindo à alma um estatuto imaterial indispensável à produção de conhecimento. Entretanto, os três pensadores aproximavam-se na valorização que emprestavam à ciência como o caminho para transformação e aprimoramento da vida humana. A noção de inércia, aprendida de Galileu, permitiu a Hobbes afirmar que tudo – conhecimento, homem, sociedade, natureza – está submetido a leis mecânicas determinadas. A separação entre fé e razão lhe permitiu defender um Estado laico, sua visão determinista e mecanicista de mundo lhe permitiu defender um Estado forte e absolutista.

As preocupações de Hobbes com a política e as questões que aborda são coerentes com a Inglaterra de seu tempo: um período de mudanças, que exigia um Estado centralizado, capaz de criar as condições para desenvolver o modo de produção nascente. O sistema econômico nascente, ao exigir um novo modo de organização política, necessitava, também, de uma nova justificativa para sua organização. O pensamento de Hobbes, comprometido com a nova ordem, não podia usar como justificativa o velho referencial da tradição moral ou religiosa, substituiu-o, então, pelo referencial filosófico.

CAPÍTULO 13

A EXPERIÊNCIA COMO FONTE DAS IDÉIAS, AS IDÉIAS COMO FONTE DO CONHECIMENTO: JOHN LOCKE (1632-1704)

Não parecia pequena vantagem aos que pretendiam ser mestres e professores considerá-lo como princípio dos princípios que – princípios não devem ser questionados. Uma vez estabelecida esta doutrina, isto é, que há princípios inatos, situou seus adeptos com a necessidade de receber certas doutrinas sem discussão, desviando-os do uso de suas próprias razões e julgamentos, e levando-os a acreditar e confiar nelas sem exame posterior.

Locke

Suas principais obras filosóficas foram publicadas já após a metade de sua vida e, talvez, pelo menos em parte, esse fato possa ser explicado por sua participação ativa na vida política inglesa. Defendeu o liberalismo e a monarquia parlamentarista, posições que podem estar relacionadas com sua origem social burguesa.

Não se pode estranhar seu ativo interesse e participação na vida pública, dado que esse foi um século no qual dificilmente poderia alguém se eximir de atuar e opinar sobre as muitas e sérias questões políticas, econômicas e religiosas que, então, dividiam a Inglaterra. Foi um século marcado pela ascensão da burguesia e por sua constante luta com a monarquia absolutista na tentativa de construir um Estado e uma forma de organização política que atendessem a seus interesses. Locke foi, sem dúvida, um dos mentores e divulgadores do liberalismo, concepção filosófica que se associa aos interesses burgueses.

Uma marca de seu pensamento filosófico foi a preocupação com o que possibilitava e no que constituía o processo de produção de conhecimento – o estudo do entendimento humano. Preocupação que parece vinculada a suas idéias políticas e à conseqüente tentativa de desvendar objetivamente os processos envolvidos na vida pública e, assim, ser capaz de criticar as noções

religiosas que, então, justificavam não apenas o poder absoluto do rei, mas também as perseguições e o fanatismo religioso.

Sua formação médica, seu interesse pela pesquisa na área, além de seu contato com homens como Boyle e Sydenham,¹ talvez sejam parcialmente responsáveis por sua vinculação ao empirismo – sua ênfase na experiência e nos dados sensíveis.

Duas preocupações centrais marcaram o trabalho de Locke: a negação da existência de idéias e princípios inatos na mente ou espírito humano (o que o levou a desenvolver uma teoria sobre o processo pelo qual se chega a conhecer) e a justificação do liberalismo enquanto filosofia política e enquanto forma de governo, que tinha como base a noção de que a propriedade era um direito inalienável dos homens.

Locke afirmava que tudo que conhecemos, que todas as idéias que temos, eram formadas no espírito e que não eram inatas. Em defesa dessas proposições, criticava os vários argumentos que sustentavam o inatismo. Criticava primeiramente o argumento de que a concordância universal seja prova da existência de princípios inatos, já que, segundo ele, para demonstrar a ocorrência de idéias inatas, seria preciso demonstrar que tais idéias eram universais, o que poderia ser facilmente negado se se olhasse, por exemplo, para as crianças que não têm qualquer desses princípios e só os adquirem com o tempo, ou para outros povos que jamais desenvolveram idéias como a de Deus.

Locke criticava também o argumento de que essas idéias só se revelavam pelo uso da razão, ou seja, que as idéias inatas estariam impressas na mente, mas só seriam reconhecidas quando se desenvolvesse a razão. Segundo Locke, esse argumento poderia ser rejeitado porque há manifestação do uso da razão antes que se reconheçam as idéias inatas. Além disso, se o uso da razão fosse necessário para o reconhecimento de uma idéia inata não se teria como distinguir uma idéia inata de uma não inata (isto é, não se teria como distinguir as idéias inatas das idéias que são deduzidas a partir delas), ou seria necessário supor todas as idéias como inatas. Argumentava ainda que supor a existência de idéias inatas não reconhecidas até que se fizesse uso da razão implicaria "(...) afirmar que os homens, ao mesmo tempo as conhece e não as conhece" (Locke, *Ensaio acerca do entendimento humano*, I, I, 9).

1 Boyle, "(...) repudiando a teoria aristotélica dos quatro elementos (água, ar, terra e fogo), foi o primeiro a formular o moderno conceito de elementos químicos"; Sydenham "(...) revolucionou a medicina clínica, abandonando os dogmas de Galeno (130-200) e outras hipóteses especulativas e baseando o tratamento das doenças na observação empírica dos pacientes" (Martins, C. E. e Monteiro, J. P., 1978, p. VII).

Finalmente contra o argumento de que se algumas idéias eram evidentes, claras e distintas para o homem, então, eram inatas, afirmava que isso apenas demonstrava que estas se referiam a experiências realmente existentes nos homens, quando de sua relação com o mundo que os circundava – à sua capacidade de ter sensações.

Ilustra a crítica de Locke aos princípios e idéias inatas a argumentação que desenvolveu para negar que os princípios "o que é, é" e "é impossível para uma mesma coisa ser e não ser" são inatos.

"O que é, é" e, "É impossível para uma mesma coisa ser e não ser" não são universalmente aceitas. Mas, o que é pior, este argumento da anuência universal, usado para provar princípios inatos, parece-me uma demonstração de que tal coisa não existe, porque não há nada passível de receber de todos os homens um assentimento universal. Começarei pelo argumento especulativo, recorrendo a um dos mais glorificados princípios da demonstração, ou seja, qualquer coisa que é, é" e "é impossível para a mesma coisa ser e não ser", por julgá-los, dentre todos, os que mais merecem o título de inatos. Estão, ademais, a tal ponto com a reputação firmada de máximas universalmente aceitas que, indubitavelmente, seria considerado estranho que alguém tentasse colocá-las em dúvida. Apesar disso, tomo a liberdade para afirmar que estas proposições se encontram bem distantes de receber um assentimento universal, pois não são conhecidas por grande parte da humanidade. (...) é evidente que não só todas as crianças, como os idiotas, não possuem delas a menor apreensão ou pensamento. Esta falha é suficiente para destruir o assentimento universal que deve ser necessariamente concomitante com todas as verdades inatas, parecendo-me quase uma contradição afirmar que há verdades impressas na alma que não são percebidas ou entendidas, já que imprimir, se isto significa algo, implica apenas fazer com que certas verdades sejam percebidas. Supor algo impresso na mente sem que ela o perceba parece-me pouco inteligível. Se, portanto, as crianças e os idiotas possuem almas, possuem mentes, dotadas destas impressões, devem inevitavelmente percebê-las, e necessariamente conhecer e assentir com estas verdades; se, ao contrário, não o fazem, tem-se como evidente que essas impressões não existem. Se estas noções não estão impressas naturalmente, como podem ser inatas? E se são noções impressas, como podem ser desconhecidas? (...) Penso que ninguém jamais negou que a mente seria capaz de conhecer várias verdades. Afirmando que a capacidade é inata, mas o conhecimento adquirido. (Locke, *Ensaio acerca do entendimento humano*, I, I, 4 e 5)

Se o conhecimento era adquirido, tornava-se então necessário discutir que processos permitiriam ao homem adquiri-lo.

O conhecimento era constituído, para Locke, de idéias e estas diziam respeito ou a objetos externos ou a operações internas da mente. As idéias derivavam da experiência, tanto interna como externa.

Todas as idéias derivam da sensação ou reflexão. Suponhamos, pois, que a mente é, como dissemos, um papel branco, desprovida de todos os caracteres, sem quaisquer idéias; como ela será suprida? De onde lhe provém este vasto estoque, que a ativa e que a ilimitada fantasia do homem pintou nela com uma variedade quase infinita? De onde apreende todos os materiais da razão e do conhecimento? A isso respondo, numa palavra, da experiência. Todo o nosso conhecimento está nela fundado, e dela deriva fundamentalmente o próprio conhecimento. Empregada tanto nos objetos sensíveis externos como nas operações internas de nossas mentes, que são por nós mesmos percebidas e refletidas, nossa observação supre nossos entendimentos com todos os materiais do pensamento. Dessas duas fontes de conhecimento jorram todas as nossas idéias, ou as que possivelmente teremos. (Locke, *Ensaio acerca do entendimento humano*, II, I, 2)

As idéias que se constituíam a partir dos objetos do mundo exterior ao homem, Locke denominava idéias de sensação.

O objeto da sensação é uma fonte das idéias. Primeiro, nossos sentidos, familiarizados com os objetos sensíveis particulares, levam para a mente várias e distintas percepções das coisas, segundo os vários meios pelos quais aqueles objetos os impressionaram. Recebemos, assim, as idéias de amarelo, branco, quente, frio, mole, duro, amargo, doce e todas as idéias que denominamos de qualidades sensíveis. Quando digo que os sentidos levam para a mente, entendendo com isso que eles retiram dos objetos externos para a mente o que lhes produziu estas percepções. A esta grande fonte da maioria de nossas idéias, bastante dependente de nossos sentidos, dos quais se encaminham para o entendimento, denomino sensação. (Locke, *Ensaio acerca do entendimento humano*, II, I, 3)

As idéias que diziam respeito às operações da mente humana, Locke dá o nome de idéias de reflexão.

As operações de nossas mentes consistem na outra fonte de idéias. Segundo, a outra fonte pela qual a experiência supre o entendimento com idéias é a percepção das operações de nossa própria mente, que se ocupa das idéias que já lhe pertencem. Tais operações, quando a alma começa a refletir e a considerar, suprem o entendimento com outra série de idéias que não poderia ser obtida das coisas externas, tais como a percepção, o pensamento, o dividir, o crer, o raciocinar, o conhecer, o querer e todos os diferentes atos de nossas próprias mentes. Tendo disso consciência, observando esses atos em nós mesmos, nós os incorporamos em nossos entendimentos como idéias distintas, do mesmo modo que fazemos com os corpos que impressionam nossos sentidos. Toda gente tem esta fonte de idéias completamente em si mesma; e, embora não a tenha sentido como relacionada com os objetos externos, provavelmente ela está e deve propriamente ser chamada de sentido interno. Mas,

como denomino a outra de sensação, denomino esta de reflexão: idéias que se dão ao luxo de serem tais apenas quando a mente reflete acerca de suas próprias operações. (Locke, *Ensaio acerca do entendimento humano*, II, I, 4)

Pode-se concluir que, para Locke, esses dois tipos de idéias eram as únicas fontes de todo o entendimento humano; assim, o entendimento era, em última instância, referente a um mundo de coisas sensíveis e de operações mentais que tinham existência objetiva.

Locke também classificava as idéias em simples e complexas. As idéias simples, fossem idéias de sensação, idéias de reflexão ou idéias de sensação e reflexão, eram, sempre, idéias que a mente passivamente adquiria, a partir de objetos a ela externos (mesmo que fossem suas operações). Tais idéias eram claras e distintas. Era a partir de tais idéias simples que a mente humana (por meio de soma, de comparação, de relações que nelas descobria) desenvolvia outras idéias – as idéias complexas. Estas implicavam um trabalho ativo do espírito humano, por meio do qual era possível constituir novas idéias.

Para Locke, a característica fundamental das idéias simples é que estas não podiam ser formadas ou destruídas pela mente humana; enquanto as idéias complexas, embora formadas, em última instância, de idéias simples, eram fruto de um ato voluntário da mente humana.

Estas idéias simples, os materiais de todo o nosso conhecimento, são sugeridas ou fornecidas à mente unicamente pelas duas vias acima mencionadas: sensação e reflexão. Quando o entendimento já está abastecido de idéias simples, tem o poder para repetir, comparar e uni-las numa variedade quase infinita, formando à vontade novas idéias complexas. Mas não tem o poder, mesmo o espírito mais exaltado ou entendimento aumentado, mediante nenhuma rapidez ou variedade do pensamento, de inventar ou formar uma única nova idéia simples na mente, que não tenha sido recebida pelos meios antes mencionados; nem pode qualquer força do entendimento destruir as idéias que lá estão, sendo o domínio do homem neste pequeno mundo de seu entendimento semelhante ao do grande mundo das coisas visíveis; donde seu poder, embora manejado com arte e perícia, não vai além de compor e dividir os materiais que estão ao alcance de sua mão; mas de nada pode quanto à feitura da menor partícula de nova matéria, ou na destruição de um átomo do que já existe. Semelhante inabilidade será descoberta por quem tentar modelar em seu entendimento alguma idéia que não recebera através dos sentidos dos objetos externos, ou mediante a reflexão das operações de sua mente acerca deles. Gostaria que alguém tentasse imaginar um gosto que jamais impressionou seu paladar, ou tentasse formar a idéia de um aroma que nunca cheirou; quando puder fazer isso, concluirei também que um cego tem idéias das cores,

e um surdo noções reais dos diversos sons. (Locke, *Ensaio acerca do entendimento humano* II, II, 2)

*Mediante esta faculdade de repetir e unir suas idéias, a mente revela grande poder para variar e multiplicar os objetos de seus pensamentos de modo infinito e muito além do que lhe foi fornecido pela sensação ou reflexão, embora tudo isto continue limitado pelas idéias simples recebidas daquelas duas fontes e que constituem os materiais fundamentais para posteriores composições. (...) Tendo, contudo, adquirido as idéias simples, a mente deixa de se limitar pela mera observação do que lhe é oferecido externamente, passando, mediante seu próprio poder, a reunir as idéias que possui para formar idéias complexas originais, pois jamais foram recebidas assim unidas. (Locke, *Ensaio acerca do entendimento humano* II, XII, 2)*

Dessa forma, a distinção estabelecida por Locke entre idéias simples e complexas evidencia a necessidade de se considerar o sujeito para se compreender o processo de produção de conhecimento. Entretanto, a presença do sujeito não se esgota nos atos voluntários que levam à formação de idéias complexas. Para Locke, qualquer conhecimento do mundo exterior era decorrente desse mundo (das qualidades dos objetos e fenômenos que o compunham) e das características dos sentidos humanos ao apreender o mundo. Tais características, ao mesmo tempo que permitiam o conhecimento, eram limites do próprio conhecimento, já que, para Locke, não se podia afirmar que o homem conhecia tudo que havia nos objetos, mas apenas aquilo que seus sentidos (internos ou externos) lhe permitiam.

*(...) se a humanidade tivesse sido feita apenas com quatro sentidos, as qualidades que constituiriam os objetos do quinto sentido ficariam tão distantes da nossa observação, imaginação e concepção, como deve estar no momento algo pertencente ao sexto, sétimo ou oitavo sentido. Consistirá, porém, em indesculpável presunção supor que tais sentidos não possam pertencer a outras criaturas, situadas em outras partes deste vasto e estupendo universo. E, se o homem não se assentar orgulhosamente no topo de todas as coisas, mas, pelo contrário, refletir acerca da imensidão desta construção, e sobre a enorme variedade manifestada nesta pequena e desprezível porção que lhe é acessível, deve ser levado a pensar em que em outras mansões do universo existem outros e diferentes seres inteligíveis, de cujas faculdades ele tem tão pouco conhecimento ou apreensão quanto um verme preso na gaveta de uma escrivaninha tem dos sentidos ou entendimento de um homem (...). (Locke, *Ensaio acerca do entendimento humano* II, II, 3)*

Não só as características dos sentidos humanos levam a considerar o sujeito. A distinção que Locke estabelece entre as qualidades dos corpos conduz também a destacar o papel do sujeito no processo de produção de conhecimento.

Locke afirma a existência de três tipos de qualidades nos corpos: as qualidades primárias ou originais, as secundárias ou sensíveis e os poderes.

Qualidades primárias dos corpos. Qualidades assim consideradas nos corpos são, Primeiro aquelas que são inseparáveis do corpo, em qualquer estado que esteja; e tais que com todas as alterações e mudanças que ele sofra, com toda a força que possa ser usada sobre ele, ele constantemente mantém (...). Tome um grão de trigo, divida-o em duas partes; cada parte ainda tem solidez, extensão, figura e mobilidade: divida-o de novo e ele ainda retém as mesmas qualidades; e então divida-o mais e mais, até que as partes se tornem insensíveis; elas devem reter ainda, cada uma todas essas qualidades (...). Estas eu chamo qualidades originais ou primárias do corpo, que eu penso podemos observar produzir idéias simples em nós, a saber, solidez, extensão, figura, movimento ou repouso, e número.

*Qualidades secundárias dos corpos. Em segundo lugar, qualidades tais que na verdade nada são nos próprios objetos a não ser o poder para produzir várias sensações em nós por meio de suas qualidades primárias, isto é, pela massa, figura, textura, movimento de suas partes insensíveis, como cores, sons, gostos etc. Estas eu chamo de qualidades secundárias. A estas pode ser acrescentado um terceiro tipo (...). (Locke, *An essay concerning human understanding*, II, VIII, 9-10, em Hutchins, 1980)*

Em terceiro lugar, o poder que é de qualquer corpo, por conta da constituição particular de suas qualidades primárias, de fazer uma tal mudança na massa, figura, textura e movimento de um outro corpo, de modo a fazê-lo operar em nossos sentidos diferentemente do modo como o fazia antes. Assim o sol tem um poder de fazer a cera branca, e o fogo de fazer o chumbo fluido. Estas são usualmente chamadas poderes.

As primeiras delas, como foi dito, eu penso que podem ser adequadamente chamadas de qualidades reais, originais, ou primárias; porque elas estão nas próprias coisas, seja quando são percebidas ou não: e é de suas diferentes modificações que dependem as qualidades secundárias.

*As outras duas são apenas poderes de agir diferentemente sobre outras coisas: poderes que resultam de diferentes modificações destas qualidades primárias. (Locke, *An essay concerning human understanding*, II, VIII, 23, em Hutchins, 1980)*

Deve-se destacar que, apesar de Locke afirmar qualidades primárias que eram intrínsecas e inerentes aos corpos, considerava, também, como já foi dito, que o conhecimento era, num certo sentido, limitado pelo aparato sensorial de que dispunha o homem. É a partir daí, que se pode entender Bréhier (1977a), quando conclui que Locke tem menos confiança nas qualidades primeiras dos objetos do que autores como Descartes, ou seja, que Locke, num certo sentido, desconfiaria de que as próprias qualidades primárias fossem qualidades que poderiam ser assim percebidas em decorrência dos sentidos dos homens.

Apesar da desconfiança, ou melhor, da impossibilidade de se descobrir a substância da matéria, e, portanto, apesar da impossibilidade de demonstrar de maneira clara e distinta que esta existia, Locke defendia que não se podia, por isso, afirmar a inexistência da matéria e concluir, assim, que o mundo material existia. O mesmo raciocínio valia para o espírito:

(...) por ser evidente que, não havendo da matéria outra idéia ou noção exceto a de algo em que as inúmeras qualidades sensíveis que afetam nossos sentidos subsistem, e por supor uma substância em que pensamento, conhecimento, dúvida, poder de movimento etc. subsistem, adquirimos uma noção tão clara da substância do espírito como da do corpo. Uma é suposta (sem saber o que ela é) o substratum das idéias simples derivadas do exterior, e a outra (com a mesma ignorância acerca do que ela é) o substratum destas operações que experienciamos dentro de nós mesmos. É claro, pois, que a idéia de substância corporal na matéria está tão distante de nossas concepções e apreensões como a da substância espiritual, ou espírito; por conseguinte, por não termos nenhuma noção de substância do espírito, não podemos concluir pela sua não existência; do mesmo modo e por razão semelhante não podemos negar a existência do corpo, já que é tão racional afirmar que não existe corpo, porque não possuímos idéia clara e distinta da substância da matéria, como afirmar que não existe espírito, porque não temos idéia clara e distinta da substância do espírito. (Locke, Ensaio acerca do entendimento humano, II, XXIII, 5)

Vê-se, portanto, que Locke afirmava a existência do objeto do conhecimento, quer seja a existência de corpos exteriores ao homem, quer seja a existência da mente humana. Afirmava, ainda, a possibilidade de o homem conhecer. Finalmente, o conhecimento tinha, para Locke, limites que eram dados pelos sentidos que apreendem seus objetos (mundo exterior ou operações da mente) e, pode-se dizer, que era limitado, também, pelo objeto, já que toda e qualquer idéia dele dependia.

Era a idéia que estabelecia, para Locke, a relação entre o mundo real e o conhecimento. O conhecimento, embora pudesse se referir a objetos do mundo exterior, constituía-se basicamente de idéias, tanto no sentido de que seu produto se traduzia nelas como no sentido de que era delas que se compunha.

Parece-me, pois, que o conhecimento nada mais é que a percepção da conexão e acordo, ou desacordo e rejeição, de quaisquer de nossas idéias. Apenas nisto ele consiste. Onde se manifesta esta percepção há conhecimento, e onde ela não se manifesta, embora possamos imaginar, adivinhar ou acreditar, nos encontramos distantes do conhecimento. De fato, quando sabemos que branco não é preto, o que fazemos além de perceber que estas duas idéias não concordam? (Locke, Ensaio acerca do entendimento humano, IV, I, 2)

O acordo ou desacordo entre as idéias podiam ser de quatro tipos: identidade, relação, coexistência e existência real.

Suponho que estes quatro tipos de acordo ou desacordo contêm todo o conhecimento que possuímos, ou de que somos capazes. Já que todas as investigações que podemos fazer a respeito de quaisquer de nossas idéias, tudo o que sabemos ou podemos afirmar a respeito de uma delas é o que é, ou não é, o mesmo com alguma outra; que isto coexiste ou nem sempre coexiste com alguma outra idéia no mesmo objeto; que isto tem estado ou aquela relação com alguma outra idéia; ou que isto tem uma existência real fora da mente. Assim, "azul não é amarelo" é identidade. "Dois triângulos sobre bases iguais entre duas paralelas são iguais" é relação. "Ferro é suscetível de impressões magnéticas" é coexistência. "Deus é" é existência real. (Locke, Ensaio acerca do entendimento humano, IV, I, 7)

A percepção do acordo ou desacordo entre as idéias podia ocorrer, para Locke, por três vias: intuitiva, demonstrativa e sensitiva. O conhecimento intuitivo seria obtido pela simples comparação entre idéias e seria sempre certo e imediato. O conhecimento demonstrativo exigiria o uso das idéias intermediárias para que se pudesse avaliar o acordo ou desacordo entre as idéias; tais idéias intermediárias seriam as provas nas quais se fundamentaria cada passo da demonstração. O conhecimento demonstrativo seria, nesse sentido, menos seguro que o intuitivo.

Finalmente, o conhecimento sensitivo seria obtido da percepção imediata de um objeto particular, e seria seguro, mas consistiria apenas num conhecimento particular.

O conhecimento, como foi dito, baseando-se na percepção do acordo ou desacordo de quaisquer de nossas idéias, resulta disso que, primeiro, não podemos ter conhecimento além do que temos idéias. (...) Segundo, que não podemos ter nenhum conhecimento além do que podemos ter percepção deste acordo ou desacordo. Esta percepção sendo: 1. Seja pela intuição, seja pela imediata comparação de quaisquer duas idéias, ou 2. Pela razão, examinando o acordo ou desacordo de duas idéias, pela intervenção de algumas outras; ou 3. Pela sensação, percebendo a existência de coisas particulares. (Locke, Ensaio acerca do entendimento humano, IV, III, 1 e 2)

Portanto, para Locke, o conhecimento dependia sempre da clareza das idéias que o compunham. Entretanto, apesar de idéias claras e distintas serem condição necessária para a clareza do conhecimento, não eram condição suficiente.

(...) nosso conhecimento consistindo na percepção do acordo ou desacordo de duas idéias quaisquer, sua clareza ou obscuridade consiste na clareza ou obscuridade desta percepção, e não na clareza ou obscuridade das próprias

idéias; como, por exemplo, um homem que tem idéias tão claras dos ângulos de um triângulo, e da igualdade de dois retos, como qualquer matemático no mundo, pode ainda ter apenas uma percepção muito obscura de seu acordo, e deste modo ter um conhecimento muito obscuro dele. Mas idéias que, por causa de sua obscuridade ou por outro motivo, são confundidas não podem ocasionar nenhum conhecimento claro e distinto, porque, na medida em que quaisquer idéias são confusas, a mente não pode igualmente perceber claramente se concordam. Ou, para exprimir a mesma coisa de um modo menos suscetível ao equívoco: quem não tiver idéias determinadas às palavras que usa não pode formar proposições delas, de cuja verdade possa ter segurança. (Locke, *Ensaio acerca do entendimento humano*, IV, II, 15)

O fato de Locke definir o conhecimento como relação entre idéias colocava uma questão sobre a realidade do conhecimento, ou seja, colocava a pergunta de quanto e se o conhecimento refletia o mundo real. É o próprio Locke quem responde:

É evidente que a mente não sabe as coisas imediatamente, mas apenas pela intervenção das idéias que tem delas. Nosso conhecimento, portanto, revela-se real apenas enquanto houver conformidade entre as nossas idéias e a realidade das coisas. (Locke, *Ensaio acerca do entendimento humano*, IV, IV, 3)

Colocava-se para Locke, a partir daí, a questão de saber como a mente percebia a concordância das idéias com as coisas. A essa pergunta respondia que, no que concernia às idéias simples, não poderia haver dúvidas sobre tal correspondência, já que a mente não podia criar tais idéias por si só. Para responder essa questão, no que diz respeito às idéias complexas, Locke passa a considerar o conhecimento científico. Sua análise culmina com a distinção entre dois tipos de ciência, as ciências demonstrativas e as ciências experimentais.

Como foi visto, embora todo conhecimento fosse, em última instância, baseado em idéias simples, consideradas representativas das coisas, e, neste sentido, não fosse meramente imaginação ou fantasia, era também formado de idéias complexas. Tais idéias eram formadas segundo um de dois processos: ou pelo pareamento constante com os objetos, na forma como existem fora do espírito humano (na realidade), ou pela comparação entre idéias; comparação essa efetuada nas mentes dos homens e, portanto, sem necessidade de pareamento com o mundo exterior. Nesse caso, as idéias complexas não dependiam diretamente da existência externa dos fenômenos a que diziam respeito, e a sua veracidade dependia única e exclusivamente das relações estabelecidas entre elas. Enquanto, no primeiro caso, as idéias complexas dependiam das coisas tais como existiam, e a sua veracidade dependia, além

da relação entre as idéias, da relação entre as idéias e as coisas às quais se referiam.

Locke, a partir daí, supunha que o conhecimento de ciências como as matemáticas e a moral era um conhecimento demonstrativo, no qual as relações que eram estabelecidas (entre idéias) não dependiam, para serem corretas e seguras, da comparação com coisas externas à mente.

Não duvido que será facilmente admitido que o nosso conhecimento das verdades matemáticas não é apenas evidente, mas sim conhecimento real, e não uma simples visão vazia de vãs e insignificantes quimeras do cérebro; não obstante, se bem considerarmos, verificaremos que isto deriva apenas de nossas próprias idéias. O matemático considera a verdade e propriedades pertencentes ao retângulo ou ao círculo apenas como estão na idéia em sua própria mente. Pois é possível que jamais tenha descoberto qualquer uma delas existindo matematicamente, isto é, exatamente verdadeira, em sua vida. Mas ainda o conhecimento que ele tem de quaisquer verdades ou propriedades pertencentes a um círculo, ou a outra figura matemática qualquer, é, contudo, verdadeiro e evidente, mesmo as coisas reais existindo. Porque as coisas reais não se encontram mais relacionadas, nem destinadas para serem pensadas por quaisquer destas proposições, do que as coisas que realmente concordam com estes arquétipos em sua mente. É verdadeiro para a idéia de triângulo que seus três ângulos sejam iguais a dois retos? Isto é verdadeiro também com respeito a um triângulo, seja onde for que realmente exista. Por mais que outra figura exista, não é exatamente correspondente à idéia de um triângulo em sua mente, não estando, em absoluto, relacionada com esta proposição. E, portanto, está seguro que todo o seu conhecimento referente a tais idéias importa em conhecimento real. (...) E daqui decorre que o conhecimento moral é tão capaz de certeza real como o matemático. Com efeito, a certeza é apenas a percepção de acordo ou desacordo de nossas idéias, e a demonstração nada mais que a percepção de tal acordo, pela intervenção de outras idéias ou meios. Por conseguinte, nossas idéias morais, como as matemáticas, sendo elas mesmas arquétipos, e idéias tão adequadas e completas, todo o acordo ou desacordo que descobrirmos nelas produzirá conhecimento real, do mesmo modo que nas figuras matemáticas. (Locke, *Ensaio acerca do entendimento humano*, IV, IV, 6 e 7)

Por outro lado, supunha, também, o conhecimento das coisas externas ao homem (que tinham existência e substância própria). No entanto, essas não eram completamente cognoscíveis para o homem, e o seu conhecimento sempre dependeria da relação entre idéias, mas também do quanto essas substâncias eram conhecidas e, nesse sentido, dependeria sempre das relações que era possível estabelecer com as próprias coisas. Por isso, esse conhecimento não era tão certo e seguro como o anterior, mas, apenas, mais ou menos

provável e, nesse caso, Locke estava possivelmente fazendo referência às ciências da natureza.

(...) há outro tipo de idéias complexas que, sendo referidas a arquétipos externos, podem diferir deles, e assim nosso conhecimento acerca deles pode estar próximo de ser real. Tais são nossas idéias de substâncias que, consistindo numa coleção de idéias simples, supostamente tiradas dos trabalhos da natureza, podem ainda variar delas por ter mais ou diferentes idéias unidas a elas do que se encontram nas próprias coisas. Por isso, sucede que elas podem, e freqüentemente o fazem, não se conformar exatamente às próprias coisas. (...) A razão disto baseia-se no desconhecimento da constituição real desta substância da qual nossas idéias simples dependem, constituindo realmente a causa da rigorosa união de algumas delas entre si e da exclusão de outras, havendo pouquíssimas nas quais podemos nos assegurar que são ou não inconsistentes em natureza, além do que a experiência e a observação sensíveis alcançam. Nisto, portanto, funda-se a realidade de nosso conhecimento a respeito das substâncias: todas as nossas idéias complexas delas devem ser semelhantes, e somente delas, como são formadas das simples, como se descobriu que coexistem na natureza. E nossas idéias, sendo assim verdadeiras, embora não talvez cópias muito exatas, são, não obstante, os objetos reais do conhecimento na medida em que temos algum. Estas (como já foi mostrado) não alcançam muito longe, mas, na medida em que o conseguem, continuarão ainda a ser conhecimento real. (Locke, Ensaio acerca do entendimento humano, IV, IV, 11 e 12)

Ao lado dessas reflexões sobre o processo de produção de conhecimento, era também preocupação de Locke a filosofia política. A propriedade, o governo e a sociedade foram temas importantes para Locke, e a sua posição com relação a esses temas implicava e decorria de uma determinada visão de homem. Como Hobbes, Locke também partiu da noção de que o homem tinha características naturais que lhe eram próprias enquanto espécie e universais a todos. Supunha que traços humanos básicos eram a liberdade, a igualdade e a racionalidade.

Para bem compreender o poder político e derivá-lo de sua origem, devemos considerar em que estado todos os homens se acham naturalmente, sendo este um estado de perfeita liberdade para ordenar-lhes as ações e regular-lhes as posses e as pessoas conforme acharem convenientes, dentro dos limites da lei da natureza, sem pedir permissão ou depender da vontade de qualquer outro homem.

Estado também de igualdade, no qual é recíproco qualquer poder e jurisdição, ninguém tendo mais do que qualquer outro; nada havendo de mais evidente que criaturas da mesma espécie e da mesma ordem, nascidas promiscuamente a todas as mesmas vantagens da natureza e ao uso das mesmas faculdades,

terão também de ser iguais umas às outras sem subordinação ou sujeição; a menos que o senhor de todas elas, mediante qualquer declaração manifesta de sua vontade, colocasse uma acima de outra, conferindo-lhe, por indicação evidente e clara, direito indubitável ao domínio e à soberania. (Locke, Segundo tratado sobre o governo, II, 4)

Se os homens nasciam iguais, todos eles deviam ter direitos iguais, e direitos que lhes assegurassem a sobrevivência (o direito a se alimentar, se vestir, etc.). Tais direitos eram intimamente ligados à noção de propriedade: assim, tudo aquilo que assegurasse aos homens a satisfação de suas necessidades básicas devia ser apropriado por ele.

Deus, que deu o mundo aos homens em comum, também lhes deu a razão para que a utilizassem para maior proveito da vida e da própria conveniência. Concedeu-se a terra e tudo quanto ela contém ao homem para sustento e conforto da existência. E embora todos os frutos que ela produz naturalmente e todos os animais que alimenta pertençam à Humanidade em comum, conforme produzidos pela mão espontânea da natureza; contudo, destinando-se ao uso dos homens, deve haver necessariamente meio de apropriá-los de certa maneira antes de serem utilizados ou de se tornarem de qualquer modo benéficos a qualquer indivíduo em particular. O fruto ou a caça que alimenta o índio selvagem, que não conhece divisas e ainda é possuidor em comum, deve ser dele e de tal maneira dele, isto é, parte dele, que qualquer outro não possa alegar qualquer direito àqueles alimentos, antes que lhe tragam qualquer benefício para sustentar-lhe a vida. (Locke, Segundo tratado sobre o governo, V, 26)

Associada à noção da criação do homem por Deus, estava a noção de que o homem, para satisfazer suas necessidades, devia trabalhar. A partir daí, Locke estabeleceu o trabalho como um direito de todo homem, ao qual associava o direito à propriedade da terra que era um instrumento de trabalho necessário.

Quando se olha para o momento histórico em que Locke estabeleceu tais noções, duas considerações merecem ser feitas. Em primeiro lugar o imenso avanço que significou a concepção de que o trabalho era um direito humano, um direito de todos os homens. Em segundo lugar a relação dessa concepção com um momento de transição para um novo modo de produção: o capitalismo que exigiria uma ideologia do trabalho, na qual os homens considerassem a venda da força de trabalho como um direito e não como uma exploração.

Sendo agora, contudo, a principal matéria da propriedade não os frutos da terra e os animais que sobre ela subsistem, mas a própria terra, como aquilo que abrange e consigo leva tudo o mais, penso ser evidente que aí também a

propriedade se adquire como nos outros casos. A extensão de terra que um homem lava, planta, melhora, cultiva, cujos produtos usa, constitui a sua propriedade. Pelo trabalho, por assim dizer, separa-a do comum. Nem lhe invalidará o direito dizer que qualquer outro terá igual direito a essa extensão de terra, não sendo possível, portanto, aquele apropriar-se ou fechá-la sem o consentimento de todos os membros da comunidade – todos os homens. Deus, ao dar o mundo em comum a todos os homens, ordenou-lhes também que trabalhassem; e a penúria da condição humana assim o exigia. Deus é a própria razão lhes ordenavam dominar a Terra, isto é, melhorá-la para benefício da vida e nela dispor algo que lhes pertencesse, o próprio trabalho. Aquele que, em obediência a esta ordem de Deus, dominou, lavrou e semeou parte da terra, anexou-lhe por esse meio algo que lhe pertencia, a que nenhum outro tinha direito, nem podia, sem causar dano, tirar dele. (Locke, Segundo tratado sobre o governo, V, 32)

Mais uma vez, como Hobbes, Locke assumia que o homem passava a viver em sociedade a partir de seu estado natural. Ambos viam a passagem do estado natural à sociedade como a garantia necessária dos direitos naturais, e para ambos, essa passagem era feita por meio do contrato social. No entanto, o tipo de governo ideal a ser estabelecido por esse contrato era diferente para cada um deles. Enquanto Hobbes defendia a necessidade de um governo forte e absoluto para manter a ordem entre os homens, garantindo-lhes a sobrevivência, Locke defendia um governo em que os homens, pela sua participação, garantissem seus direitos.

Sendo os homens, conforme acima dissemos, por natureza, todos livres, iguais e independentes, ninguém pode ser expulso de sua propriedade e submetido ao poder político de outrem sem dar consentimento. A maneira única em virtude da qual uma pessoa qualquer renuncia à liberdade natural e se reveste dos laços da sociedade civil consiste em concordar com outras pessoas e juntar-se e unir-se em comunidade para viverem com segurança, conforto e paz umas com as outras, gozando garantidamente das propriedades que tiveram e desfrutando de maior proteção contra quem quer que não faça parte dela. Qualquer número de homens pode fazê-lo, porque não prejudica a liberdade dos demais; ficam como estavam na liberdade do estado de natureza. Quando qualquer número de homens consentiu desse modo em constituir uma comunidade ou governo, ficam, de fato, a ela incorporados e formam um corpo político no qual a maioria tem o direito de agir e resolver por todos. Quando qualquer número de homens, pelo consentimento de cada indivíduo, constituiu uma comunidade, tornou, por isso mesmo, essa comunidade um corpo, com o poder de agir como um corpo, o que se dá tão-só pela vontade e resolução da maioria. Pois o que leva qualquer comunidade a agir sendo somente o consentimento dos indivíduos que a formam, e sendo necessário ao que é um corpo para mover-se em um sentido, que se mova para o lado para

o qual o leva a força maior, que é o consentimento da maioria, se assim não fosse, seria impossível que agisse ou continuasse a ser um corpo, uma comunidade, que a aquiescência de todos os indivíduos que se juntaram nela concordou em que fosse; dessa sorte todos ficam obrigados pelo acordo estabelecido pela maioria. E portanto, vemos que, nas assembleias que têm poderes para agir mediante leis positivas, o ato da maioria considera-se como sendo o ato de todos e, sem dúvida, decide, como tendo o poder de todos pela lei da natureza e da razão. (Locke, Segundo tratado sobre o governo, VIII, 95 e 96)

E, aprofundando a questão das razões pelas quais homens naturalmente livres e soberanos renunciariam a esta liberdade para viver sob um contrato social, Locke, mais uma vez, reafirma o direito à propriedade, atribuindo à sociedade o caráter de sua guardiã.

Se o homem no estado de natureza é tão livre, conforme dissemos, se é senhor absoluto de sua própria pessoa e posses, igual ao maior e a ninguém sujeito, por que abrirá ele mão dessa liberdade, por que abandonará o seu império e sujeitar-se-á ao domínio e controle de qualquer outro poder? Ao que é óbvio responder que, embora no estado de natureza tenha tal direito, a fruição do mesmo é muito incerta e está constantemente exposta à invasão de terceiros porque, sendo todos reis tanto quanto ele, todo homem igual a ele, e na maior parte pouco observadores da equidade e da justiça, a fruição da propriedade que possui nesse estado é muito insegura, muito arriscada. Estas circunstâncias obrigam-no a abandonar uma condição que, embora livre, está cheia de temores e perigos constantes; e não é sem razão que procura de boa vontade juntar-se em sociedade com outros que estão já unidos, ou pretendem unir-se, para a mútua conservação da vida, da liberdade e dos bens a que chamo de "propriedade". (Locke, Segundo tratado sobre o governo, IX, 123)

Desde que a reunião em sociedade tinha como objetivo primordial a preservação da propriedade, ela deveria garantir um conjunto de condições ausentes no estado de natureza. Assim, caberia à comunidade de homens, que se colocava sob um governo, prover aquilo que antes faltava.

(...) no estado de natureza: primeiro falta uma lei estabelecida, firmada, conhecida, recebida e aceita mediante o consentimento comum (...) em segundo lugar falta um juiz conhecido e indiferente com autoridade para resolver quaisquer dissensões, de acordo com a lei estabelecida (...) em terceiro lugar (...) falta, muitas vezes, poder que apoie e sustente a sentença quando justa, dando-lhe a devida execução. (Locke, Segundo tratado sobre o governo, IX, 124, 125 e 126)

Assim fica claro que, para Locke, o governo dependia do assentimento da maioria dos homens, e apenas regulamentava direitos que eram naturais do homem, tanto o de liberdade quanto, e principalmente, o de propriedade.

Fica claro, também, por que não poderia ter concordado com a possibilidade de que o governante tivesse direito divino, já que era um igual aos homens que governava; ou com a possibilidade de que legislasse sobre as crenças e religiões humanas, já que seu poder era apenas temporal e, desde que as religiões não interferissem nos direitos universais dos homens, não caberia a ninguém decidir sobre as opções individuais de cada e qualquer homem.

Com suas concepções sobre política, Locke, de certa forma, torna-se o arauto do liberalismo. Com sua defesa do homem livre como indivíduo e, ao mesmo tempo, atado por um contrato social que escolheu e que deve, portanto, respeitar; com sua defesa da propriedade privada e do trabalho como direitos dos homens; com sua defesa da igualdade, em princípio, de todos os homens, Locke responde a uma de suas grandes preocupações: a preocupação com os problemas políticos de seu tempo.

Deve-se ressaltar que as preocupações políticas e filosóficas não caminharam, em Locke, separadamente. Sua filosofia parece marcada pela busca de solução para problemas práticos. Talvez por isso sua filosofia nunca tenha sido puramente especulativa. Mesmo quando se considera que é um pensador marcado por uma grande preocupação com o entendimento humano e com quais seriam seus limites e possibilidades, Locke se afasta de uma metafísica especulativa, quando busca nos dados da experiência e nos modelos científicos de seu tempo a resposta à questão sobre o entendimento humano. É a partir daí que nega a possibilidade de se conhecerem essências, que afirma as idéias como decorrentes da experiência e, principalmente, que afirma a experiência como dado essencial do entendimento humano, como ponto de partida das idéias e do conhecimento.

A experiência é erigida, assim, em critério e base do conhecimento. Ao enfatizar dessa forma a experiência, Locke a um só tempo afasta-se do cartesianismo e prepara a chamada filosofia crítica de Hume. Afasta-se do racionalismo cartesiano e o nega por destronar a pura reflexão como critério de verdade e por introduzir em seu lugar, como critério e fonte do conhecimento, a experiência do mundo sensível e as idéias que daí decorrem; idéias que não são idéias inatas. Prepara uma filosofia crítica e centrada no problema do conhecimento ao anunciar a impossibilidade do conhecimento de verdades essenciais, ao reduzir o conhecimento científico ao conhecimento dos fenômenos pela via da percepção, e ao erigir a experiência em critério de verdade do conhecimento humano.

CAPÍTULO 14

O UNIVERSO É INFINITO E SEU MOVIMENTO É MECÂNICO E UNIVERSAL: ISAAC NEWTON (1642-1727)

Mas até aqui não fui capaz de descobrir a causa dessas propriedades da gravidade a partir dos fenômenos, e não construo nenhuma hipótese; pois tudo que não é deduzido dos fenômenos deve ser chamado uma hipótese; e as hipóteses, quer metafísicas ou físicas, quer de qualidades ocultas ou mecânicas, não têm lugar na filosofia experimental.

Newton

No ano de 1642, em Woolsthorpe, nascia Newton, filho de um pequeno proprietário rural de Lincolnshire, Inglaterra. Estudou na Universidade de Cambridge, doutorando-se em 1668; aí trabalhou desde 1669, quando, com 26 anos, se tornou catedrático, cargo que ocupou por 25 anos. Foi membro do Parlamento inglês como representante de Cambridge, diretor da Casa Real da Moeda; em 1699 foi eleito membro da Academia Francesa de Ciências e ocupou a presidência da Royal Society – de que era membro desde 1672 – de 1703 até sua morte no ano de 1727, em Kensington.

Newton, com suas descobertas, contribuiu para o avanço do conhecimento em diferentes áreas: matemática – com o cálculo diferencial e integral e o binômio que leva o seu nome; astronomia – mecânica celeste; óptica – teoria corpuscular da luz e a demonstração de que a luz branca é composta de luzes de muitas cores, cada uma com um índice específico de refração; mecânica – leis do movimento dos corpos. Inventou, também, um telescópio de reflexão, no qual as estrelas eram vistas num espelho parabólico e que permitia superar limitações do telescópio construído com lentes. A amplitude e fecundidade de suas realizações colocam-no em lugar ímpar na história da ciência.

A ampla repercussão de suas descobertas, de sua maneira de pensar no mundo e, principalmente, de sua mecânica celeste pôde ser percebida já no início do século XVIII. A genialidade de seus estudos foi reconhecida por

seus contemporâneos. Em 1705 recebeu o título de Cavaleiro do Reino, outorgado pela rainha; o escritor inglês Alexandre Pope (1688-1744) dedicou-lhe o verso que serviu de epitáfio ao túmulo de Newton na abadia de Westminster: "A Natureza e as suas leis escondiam-se na noite. Deus disse: 'Faça-se Newton', e tudo fez-se luz".¹ O matemático francês Joseph Louis Lagrange (1736-1813) resume a admiração que Newton provocou afirmando que: só existe uma lei do universo e foi Newton quem a descobriu. Em diversos países, a filosofia cartesiana foi substituída pela de Newton, tendo Voltaire, segundo Bréhier (1977b), assinado 1730 como a data de seu triunfo definitivo.

Uma das contribuições mais importantes de Newton e que imprimiu uma marca no modo de fazer ciência a partir de então foi a intensa relação entre a matemática e a experimentação. Burt (1983), Bernal (1976b) e Bronowski e Mazlich (1988) apontam Newton como herdeiro e propulsor desses dois campos férteis da investigação, com a necessidade da matemática sempre se moldar à experiência. Isso significava que quaisquer de suas especulações acerca da natureza deveriam ser transformadas em fórmulas precisas e passíveis de observação.

Burt (1983) aponta a importância das idéias de Newton tanto para o homem comum quanto para o estudioso. De um ponto de vista mais popular, ele afetou o pensamento dos homens em geral ao conquistar o céu, na medida em que propôs um sistema geral de mecânica que permitia explicar tanto o comportamento da matéria na Terra quanto os movimentos dos fenômenos celestes. Do ponto de vista de

Um estudioso da história da ciência física [ele] atribuirá a Newton uma outra importância que o homem comum mal pode apreciar. Ele verá no gênio inglês uma figura primordial na invenção de certos instrumentos científicos necessários a férteis evoluções posteriores, tais como o cálculo infinitesimal. Ele encontrará em Newton a primeira formulação clara da união entre os métodos experimental e matemático, que se consubstanciou em todas as descobertas subsequentes da ciência exata. Ele notará, em seu pensamento, a separação entre as pesquisas científicas positivas e as interrogações a respeito da causa última. E, mais importante, talvez, do ponto de vista do cientista mais exato, Newton foi o homem que tomou termos vagos como força e massa e deu-lhes significados precisos como contínuos quantitativos, de tal modo que, através de seu uso, os fenômenos principais da física tornaram-se redutíveis ao tratamento matemático. (p. 23)

1 Conforme Burt (1983, p. 23).

A descoberta de um método matemático, o cálculo infinitesimal² ou das fluxões, que possibilitava converter princípios físicos em resultados quantitativos, verificáveis pela observação, e, reciprocamente, chegar aos princípios físicos a partir da observação, foi extremamente importante para as proposições de Newton. Segundo Bernal (1976b),

Usando-o, é possível determinar a posição de um corpo em qualquer momento dado, sabendo a relação entre essa posição e a sua velocidade ou mudança de velocidade em qualquer momento outro dado. Por outras palavras: uma vez conhecida a lei da força, é possível calcular o caminho. (p. 482)

Até a época de Newton, o avanço no conhecimento de como o céu se comportava podia ser representado pelos pensamentos de Nicolau Copérnico (1473-1543), Galileu Galilei (1564-1642) e Johannes Kepler (1571-1630).

Nicolau Copérnico, no princípio de século XVI, demonstrou os dois movimentos que os planetas possuem sobre si mesmos e em torno do Sol e questionou o dogma de ser a Terra o centro do Universo. Kepler, trabalhando com os dados do astrônomo dinamarquês Tycho Brahe (1546-1601) e a partir do sistema de Copérnico, descobriu três leis do movimento dos planetas. De modo geral as leis de Kepler propunham que: todos os planetas descrevem uma órbita elíptica, sendo o Sol um dos focos dessa elipse; os planetas percorrem áreas iguais em tempos iguais; e existe uma relação precisa³ entre o tamanho da órbita de um planeta e o período gasto por ele para completar uma volta em torno do Sol.

O trabalho de Galileu avança na direção de estabelecer uma verdadeira física moderna a partir de algumas descobertas e proposições fundamentais. Como aponta Koyré (1982), Galileu admite que o movimento é uma entidade ou um estado tão estável e permanente quanto o estado de repouso; a consequência disso é que não há a necessidade de existir uma força que atue constantemente sobre qualquer móvel para explicar o seu movimento.

2 Existe uma controvérsia sobre quem teria inventado o cálculo infinitesimal: Newton ou Leibniz. Consta que ambos desenvolveram o mesmo método separadamente. Porém, segundo Bréhier (1977a) e Bernal (1976b), Leibniz nunca usou seu cálculo para exprimir Leis da Natureza, e para Newton, pelo contrário, o cálculo era fundamental para essa função.

3 A terceira lei de Kepler diz que os quadrados dos períodos dos planetas (tempo para completar uma órbita) são proporcionais ao cubo de suas distâncias do Sol ($P^2 = a^3$), ou seja, quanto mais distante o planeta do Sol, mais lentamente se move. Essa lei nos dá, precisamente, a quantidade de tempo necessária para qualquer planeta fazer sua órbita em torno do Sol (por exemplo: Júpiter tem um período orbital de onze anos). Essa lei se aplicou de forma correta para os planetas Urano, Netuno e Plutão, descobertos bem depois da morte de Kepler.

Admite, ainda, a possibilidade de aplicar leis da geometria ao estudo e aos movimentos dos corpos, regulares ou não. Ainda que Galileu não tenha enunciado o princípio da Inércia – fundamental para a compreensão dos fenômenos físicos (o que será feito por Newton na primeira lei expressa no livro *Princípios matemáticos da Filosofia Natural*, de 1687) –, os seus estudos sobre a queda dos corpos produziram avanços significativos nessa direção. Diz Galileu que o movimento livre de um corpo (sem que nenhuma força atue sobre ele) se dá em linha reta e com velocidade uniforme.

Ainda que Galileu pudesse contar com vários conhecimentos, ele não chegou a admitir que as órbitas dos planetas pudessem ser do modo proposto por Kepler. As proposições de Galileu e Kepler não se ajustavam, pois, de acordo com as leis de Kepler, os planetas deveriam se mover segundo uma elipse e, conforme Galileu, segundo círculos. Havia necessidade de explicar qual a força requerida para transformar os movimentos celestes em elípticos ou circulares; essa força deveria ser de tal natureza que explicasse, ainda, o porquê de os planetas se comportarem tal qual a terceira lei de Kepler.

Newton demonstra que os planetas estão submetidos a dois movimentos; um que é inercial (ao longo de uma reta e com velocidade constante) e outro que exige a participação de uma força que o mantém na sua órbita. Essa força é a da gravitação.

As leis do movimento, a definição da força centrípeta bem como a lei da gravitação universal, propostas por Newton, desvendam o movimento dos corpos celestes e a queda de um corpo na superfície da Terra, explicando as controvérsias das teorias de Kepler e Galileu, assim como uma série de fenômenos da natureza. Esses conceitos são assim definidos por Newton:

Axiomas ou leis de movimento.

Lei I

Todo corpo permanece em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em linha reta, a menos que seja obrigado a mudar seu estado por forças impressas nele. (...)

Lei II

A mudança do movimento é proporcional à força motriz impressa, e se faz segundo a linha reta pela qual se imprime essa força. (...)

Lei III

A uma ação sempre se opõe uma reação igual, ou seja, as ações de dois corpos um sobre o outro sempre são iguais e se dirigem a partes contrárias. (...). (Princípios⁴, pp. 14-15)

⁴ O que aqui está sendo chamado de “Princípios” é o livro *Princípios matemáticos da filosofia natural* de Newton, cuja primeira edição é de 1687. (N. do A.)

Definição V

A força centrípeta é aquela pela qual o corpo é atraído ou impelido ou sofre qualquer tendência a algum ponto como a um centro.

Assim é a gravidade, pela qual o corpo tende ao centro da Terra, a força magnética, pela qual o ferro tende ao centro do ímã, e aquela força seja qual for, pela qual os planetas são continuamente afastados dos movimentos retílineos, obrigados a seguir linhas curvas. (Princípios, p. 6)

A lei da gravitação universal pode ser assim enunciada: matéria atrai matéria na razão direta do produto de suas massas e na razão inversa do quadrado das distâncias entre elas.

Essas proposições de Newton, observáveis e que podem levar a previsões e descobertas, explicavam fenômenos naturais de quaisquer espécies, sendo, portanto, universais. Bréhier (1977b) esclarece que

(...) é segundo uma mesma lei que os corpos pesados são atraídos para o centro da Terra, que as massas líquidas dos mares são atraídas para a Lua por ação das marés,⁵ que a Luz é atraída para a Terra bem como os planetas para o Sol. A prova de tal identidade da lei repousa unicamente em medidas experimentais. (p. 13)

Com as leis de movimento e, principalmente, da gravitação universal, Newton não achava ter chegado à causa dos fenômenos. Para ele “(...) é suficiente que a gravidade realmente exista, aja de acordo com as leis que explicamos e que sirva abundantemente para considerar todos os movimentos dos corpos celestiais e de nosso mar” (Princípios, p. 22) e acrescenta que devemos primeiro entender bem o fenômeno, olhando a Natureza, para tentar explicar depois suas causas.

Pois é bem sabido que os corpos agem uns sobre os outros pelas atuações da gravidade, magnetismo e eletricidade; e estas instâncias mostram o conteúdo e curso da Natureza, e não tornam improvável que possam existir outros poderes atrativos além destes. Pois a Natureza é constante e conforme a si mesma. Como estas atrações podem ser efetuadas eu não considero aqui. O que eu chamo de atração pode ser efetuado por impulso ou por alguns outros meios desconhecidos para mim. Uso aqui aquela palavra somente para significar em geral qualquer força através da qual os corpos tendem um para o outro, qualquer que seja a causa. Pois devemos aprender dos fenômenos da Natureza quais corpos se atraem entre si e quais são as leis e propriedades da atração, antes de investigar a causa pela qual a atração é efetuada. (Óptica, p. 43)

⁵ Por exemplo: as marés muito altas ocorrem nos períodos de lua nova e cheia e as baixas marés nos períodos de quarto-crescente e quarto-minguante. (N. do A.)

A noção de movimento, para Newton, quer seja inercial, acelerado ou gravitacional, requer a existência de um vácuo real para estar correta. Mesmo quando, no espaço, existe matéria, Newton crê num éter – gás extremamente rarefeito, cuja rarefação ao infinito é igual ao vácuo – que não enche completamente o espaço físico. Um exemplo da existência desse éter rarefeito ao infinito (vácuo) é a trajetória livre dos cometas que assim ocorre por se movimentarem onde não há resistência e, portanto, onde não existe matéria. Nesse aspecto, Newton é contrário a Descartes que propõe o espaço completamente cheio. Na sua obra *Óptica*, Newton explica:

(...) para dar lugar aos movimentos regulares e duradouros dos planetas e cometas é necessário esvaziar os céus de toda a matéria, exceto talvez alguns vapores, exalações ou eflúvios muito sutis, que se originam das atmosferas da Terra, planetas e cometas e de tal meio etéreo extremamente rarefeito (...). Um fluido denso pode ser inútil para explicar os fenômenos da Natureza, sendo os movimentos dos planetas e cometas explicados melhor sem ele. Serve somente para perturbar e retardar os movimentos daqueles grandes corpos, e faz definhar a estrutura da Natureza; e nos poros dos corpos serve somente para parar os movimentos vibratórios, nos quais o calor e atividade do corpo consistem. E como ele não tem nenhuma utilidade e impede as operações da Natureza, e a faz se definhar, então não existe nenhuma evidência de sua existência; e, portanto, deve ser rejeitado. (Óptica, p. 39)

A noção de vácuo concorre, também, para o entendimento do que é matéria. Newton é atomista e, segundo Clarke⁶, seu discípulo, se desejarmos ligar o atomismo à filosofia matemática será necessário supor que a matéria tenha uma só natureza, e sempre podemos supor que suas partes tenham a mesma dimensão e a mesma forma (diferentes formas são devidas às diferentes disposições de suas partículas). A matéria possui, assim, uma estrutura essencialmente granular, ou seja, partículas duras e indivisíveis submetidas constantemente à ação de todo um sistema de forças não materiais de ação e repulsão. Quanto às propriedades essenciais da matéria, Koyré (1979) sintetizou da seguinte forma: as propriedades essenciais da matéria atribuídas por Newton

(...) são quase as mesmas listadas por Henry More, pelos velhos atomistas e pelos modernos partidários da filosofia corpuscular: extensão, dureza, impenetrabilidade, mobilidade. A estas Newton acrescenta – um acréscimo da maior importância – a inércia, no sentido novo da palavra. (p. 165)

6 Samuel Clarke (1675-1729) era amigo de Newton e trocou uma vasta correspondência com Leibniz, defendendo as teorias newtonianas de ataques deste.

Newton nos dá critérios para determinar se uma propriedade é ou não essencial à matéria.

As qualidades corporais que não admitem intensificação nem remissão de graus, e que se verificam dentro da nossa experiência, como pertencentes a todos os corpos, devem ser julgadas qualidades universais de todos e quaisquer corpos. (Princípios, Livro III, Hipótese III, p. 18)

Aqui se estabelece uma controvérsia em relação a ser a atração mútua propriedade essencial ou não da matéria. Koyré (1979) cita os *Princípios* para mostrar Newton propondo que a gravitação universal, embora melhor fundamentada empiricamente do que a impenetrabilidade, poderia não ser uma propriedade essencial dos corpos, já que é uma medida que sofre alteração.

Por fim, como se demonstra universalmente, por experiências e observações astronômicas, que todos os corpos que estão próximos da Terra gravitam em direção à Terra, segundo a quantidade da matéria que contêm; que da mesma forma a Lua, segundo a quantidade de sua matéria, gravita em direção à Terra; que, por outro lado, nosso mar gravita em direção à Lua; e que todos os planetas gravitam uns em direção aos outros; e que os cometas, igualmente, gravitam em direção ao Sol, devemos, em consequência desta regra, concluir que todos os corpos são dotados de um princípio de gravitação mútua. E esse argumento em favor da gravitação universal dos corpos, calcado nos fenômenos, será mais forte que o argumento pelo qual concluímos por sua impenetrabilidade, pois não temos nenhuma experiência, nem nenhuma observação que nos assegure que os corpos celestes sejam impenetráveis. Não que eu afirme que a gravidade seja essencial aos corpos; pela *vis insita* não entendo outra coisa senão sua inércia, que é imutável. A gravidade desses corpos diminui à medida que se afastam da Terra. (p. 167)

Em relação a esse aspecto, Bréhier (1977b) comenta que

É então lícito e indispensável atribuir à matéria a atração, cujos coeficientes são os mesmos, segundo demonstrou Newton, quaisquer que sejam os corpos considerados. (...) A atração é, portanto, para os newtonianos, propriedade incontestável da matéria, ainda que não se possa dar conta disso. (p. 14)

Outra análise de Newton sobre a matéria e sua forma de atração é a própria formulação da lei da gravitação universal. Ele não acreditava que a ação de um corpo sobre outro pudesse se dar à distância, ou seja, quanto mais distante um corpo do outro, menor a força de atração mútua exercida. Em relação, ainda, a esse aspecto, as teorias newtonianas não colocam a que tipo de força, material ou não-material, os fenômenos gravitacionais estavam submetidos.

Já foi apontada uma diferença entre o pensamento de Newton e o de Descartes (a existência ou não de vácuo). Uma outra diferença importante reside na explicação a respeito do movimento do mundo. Para Descartes, a quantidade de movimento no mundo é constante devido ao deslocamento de corpos por entrechoques; para Newton, a quantidade de movimento não é constante, pela própria inércia e gravitação universal.

E assim a natureza será muito conforme a si mesma e muito simples, efetuando todos os grandes movimentos dos corpos celestes pela atração da gravidade que intercede esses corpos, e quase todos os movimentos pequenos de suas partículas por alguns outros poderes atrativos e repulsivos que intercedem as partículas. A vis inertiae é um princípio passivo segundo o qual os corpos persistem em seu movimento ou repousam, recebem movimento em proporção à força que o imprime, e resistem tanto quanto eles são resistidos. Por este princípio isolado nunca poderia ter existido qualquer movimento no mundo. Algum outro princípio foi necessário para colocar os corpos em movimento; e agora que eles estão em movimento, algum outro princípio é necessário para conservar o movimento. Pois das várias composições de dois movimentos, é muito certo que não existe sempre a mesma quantidade de movimento no mundo (...) o movimento é muito mais apto a ser perdido do que apreendido, e está sempre pronto a degenerar. (Óptica, p. 53)

A maneira de Isaac Newton compreender o mundo só será entendida melhor se forem apreendidos os seus conceitos de tempo e de espaço absoluto. Escreve Newton no Escólio dos *Princípios*:

Até aqui só me pareceu ter que explicar os termos menos conhecidos, mostrando em que sentido devem ser tomados na continuação deste livro. Deixei, portanto, de definir, como conhecidíssimos de todos, o tempo, o espaço, o lugar e o movimento. Direi, contudo, apenas que o vulgo não concebe essas quantidades senão pela relação com as coisas sensíveis. É daí que nascem certos prejuízos, para cuja remoção convém distinguir as mesmas entre absolutas e relativas, verdadeiras e aparentes, matemáticas e vulgares.

I. O tempo absoluto, verdadeiro e matemático, flui sempre igual por si mesmo e por sua natureza, sem relação com qualquer coisa externa, chamando-se com outro nome "duração"; o tempo relativo, aparente e vulgar é certa medida sensível e externa de duração por meio do movimento (seja exata, seja desigual), a qual vulgarmente se usa em vez do tempo verdadeiro, como são a hora, o dia, o mês, o ano.

II. O espaço absoluto, por sua natureza, sem nenhuma relação com algo externo, permanece sempre semelhante e imóvel; o relativo é certa medida ou dimensão móvel desse espaço, a qual nossos sentidos definem por sua situação relativamente aos corpos, e que a plebe emprega em vez do espaço imóvel, como é a dimensão do espaço subterrâneo, aéreo ou celeste definida por sua situação relativamente à Terra. Na figura e na grandeza, o tempo absoluto e

o relativo são a mesma coisa, mas não permanecem sempre numericamente o mesmo. Assim, por exemplo, se a Terra se move, um espaço do nosso ar que permanece sempre o mesmo relativamente, e com respeito à terra, ora será uma parte do espaço absoluto no qual passa o ar, ora outra parte, e nesse sentido mudar-se-á sempre absolutamente.

III. O lugar é uma parte do espaço que um corpo ocupa, e, com relação ao espaço, é absoluto ou relativo. Digo uma parte do espaço, e não a situação do corpo ou a superfície ambiente. Com efeito, os lugares dos sólidos iguais são sempre iguais, mas as superfícies são quase sempre desiguais, por causa da dessemelhança das figuras; as situações, porém, não têm, propriamente falando, quantidade, sendo antes afecções dos lugares que os próprios lugares. O movimento do todo é o mesmo que a soma dos movimentos das partes, ou seja, a translação do todo que sai de seu lugar é a mesma que a soma da translação das partes que saem de seus lugares, e por isso o lugar do todo é o mesmo que a soma dos lugares das partes, sendo, por conseguinte, interno e achando-se no corpo todo.

IV. O movimento absoluto é a translação de um corpo e um lugar absoluto para outro absoluto, ao passo que o relativo é a translação de um lugar relativo para outro relativo. (Princípios, pp. 8-9)

O que se poderia extrair dessa introdução à discussão de tempo e de espaço absoluto, segundo análise que Koyré (1979) também faz, é o que se segue: o tempo e o espaço absolutos e matemáticos (poderiam ser chamados inteligíveis) são opostos ao tempo e espaço do senso comum (sensíveis); o tempo e o espaço possuem sua própria natureza e, portanto, existirão independentemente do mundo exterior e material e do movimento dos corpos; o espaço que se move em torno dos corpos é o espaço relativo (que se move no espaço absoluto junto com o corpo); a ordem das partes do tempo e do espaço é imutável.

Isso garante, no mínimo, a infinitude do universo newtoniano e corrobora suas explicações da mecânica celeste e sistema inercial.

Temos discutido a maneira de Newton entender o mundo e seu movimento, que sintetiza uma nova forma de compreender os fenômenos da natureza: o universo é infinito e pode ser conhecido quantitativamente; as leis são universais e, portanto, abarcam todos os fenômenos da natureza; as explicações devem ser causais e não finalistas.

O processo de produzir conhecimento de Newton – derivado e de que deriva a sua maneira de compreender o mundo – aponta, segundo Bréhier (1977b), para uma outra diferença com Descartes: o método utilizado.

Explicar um fenômeno é, para Descartes, imaginar a estrutura mecânica do qual é resultado. Tal modo de explicação expõe ao perigo de levar a muitas soluções possíveis, já que um mesmo resultado pode ser obtido com mecanis-

mos muito diferentes. Newton declarou, iterativamente, que todas as “hipóteses” cartesianas, isto é, as estruturas mecânicas imaginadas para dar razão a fenômenos, deviam ser evitadas na filosofia experimental. “Non fingo hypotheses”, isto é “eu não invento nenhuma dessas causas”, que, sem dúvida, podem dar conta dos fenômenos, mas que são somente verossímeis. Newton não admite outra causa senão a que pode ser “deduzida dos próprios fenômenos”. (p. 13)

Newton ilustra esse aspecto ao se referir à causa da força da gravidade:

Mas até aqui não fui capaz de descobrir a causa dessas propriedades da gravidade a partir dos fenômenos, e não construo nenhuma hipótese; pois tudo que não é deduzido dos fenômenos deve ser chamado uma hipótese; e as hipóteses, quer metafísicas ou físicas, quer de qualidades ocultas ou mecânicas, não têm lugar na filosofia experimental. Nessa filosofia, as proposições particulares são inferidas dos fenômenos, e depois tornadas gerais pela indução. Assim foi que a impenetrabilidade, a mobilidade e a força impulsiva dos corpos, e as leis dos movimentos e da gravitação foram descobertas. E para nós é suficiente que a gravidade realmente exista, aja de acordo com as leis que explicamos e que sirva abundantemente para considerar todos os movimentos dos corpos celestiais e de nosso mar. (Princípios, Escólio Geral, p. 22)

A maneira de Newton proceder para chegar às suas proposições poderia ser assim resumida: partir de fenômenos observáveis sem interpor hipóteses a não ser as que podem ser derivadas diretamente dos dados. Ao lado disso, propõe um método de análise e síntese dos dados da seguinte forma:

Como na matemática, assim também na filosofia natural, a investigação de coisas difíceis pelo método de análise deve sempre preceder o método de composição. Esta análise consiste em fazer experimentos e observações, e em traçar conclusões gerais deles por indução, não se admitindo nenhuma objeção às conclusões, senão aquelas que são tomadas dos experimentos, ou certas outras verdades. Pois as hipóteses não devem ser levadas em conta em filosofia experimental. E apesar de que a argumentação de experimentos e observações por indução não seja nenhuma demonstração de conclusões gerais, ainda assim é a melhor maneira de argumentação que a natureza das coisas admite, e pode ser considerada mais forte dependendo da maior generalidade da indução. E se nenhuma exceção decorre dos fenômenos, geralmente a conclusão decorrer dos experimentos, a conclusão pode então ser formulada com tais exceções que decorrem deles. Por essa maneira de análise podemos proceder de compostos a ingredientes, de movimentos às forças que os produzem; e, em geral, dos efeitos a suas causas, e de causas particulares a causas mais gerais, até que o argumento termine no mais geral. Este é o método de análise; e a síntese consiste em assumir as causas descobertas e estabelecidas como

princípios, e por elas explicar os fenômenos que procedem delas, e provar as explicações. (Óptica, pp. 56-57)

Esse foi um modelo e um critério de ciência que perdurou por séculos: hipóteses deduzidas dos fenômenos; a observação como critério para a produção e aceitação do conhecimento; a possibilidade da quantificação dos fenômenos; a utilização da análise e síntese, por meio da indução, para explicar os eventos naturais.

Existiam, no entanto, alguns fenômenos que não podiam ser explicados pelas leis propostas por Newton. Por exemplo: a lei da gravitação explicava por que os planetas continuavam suas órbitas, mas não explicava a origem do sistema solar e de seu movimento.

(...) nesses espaços, onde não existe ar para resistir a seus movimentos, todos os corpos se moverão com o máximo de liberdade; e os planetas e cometas prosseguirão constantemente suas revoluções em órbitas dadas em espécie e posição, de acordo com as leis acima explicadas; mas, apesar de tais corpos poderem, com efeito, continuar em suas órbitas pela simples lei da gravidade, todavia eles não podem de modo algum ter, em princípio, derivado dessa lei a posição regular das próprias órbitas.

Os seis planetas primários são revolucionados em torno do Sol em círculos concêntricos ao Sol, com movimentos dirigidos em direção às mesmas partes e quase no mesmo plano. Dez luas são revolucionadas em torno da Terra, Júpiter e Saturno, em círculos concêntricos a eles, com a mesma direção de movimento e quase nos planos das órbitas desses planetas; mas não se deve conceber que simples causas mecânicas poderiam dar origem a tantos movimentos regulares, desde que os cometas erram por todas as partes dos céus em órbitas bastante excêntricas; pois por essa espécie de movimento eles passam facilmente pelas órbitas dos planetas e com grande rapidez; e em seus apogeus, onde eles se movem com o mínimo de velocidade e são detidos o máximo de tempo, eles recuam às distâncias máximas entre si e sofrem, portanto, a perturbação mínima de suas atrações mútuas. Este magnífico sistema do Sol, planetas e cometas poderia somente proceder do conselho e domínio de um Ser inteligente e poderoso. E, se as estrelas fixas são os centros de outros sistemas similares, estes, sendo formados pelo mesmo conselho sábio, devem estar todos sujeitos ao domínio de Alguém; especialmente visto que a luz das estrelas fixas é da mesma natureza que a luz do Sol e que a luz passa de cada sistema para todos os outros sistemas; e para que os sistemas das estritas fixas não caíam, devido a sua gravidade, uns sobre os outros, ele colocou esses sistemas a imensas distâncias entre si. (Princípios, Livro III, pp. 19-20)

Para explicar esse tipo de fenômeno, Newton necessitava de uma metafísica, já que a física, até então, não dava conta de compreendê-lo; interpunha, portanto, a noção de Deus e sua interferência no mundo físico.

Para Biéhier (1977b),

A mecânica de Newton liga-se a uma teologia. Seu Deus é um geômetra e um arquiteto que soube combinar os materiais do sistema de tal maneira que resultasse um estado de equilíbrio estável e um movimento contínuo e periódico. (p. 12)

Segundo Newton, Deus está na origem de todas as coisas: fez o universo, o homem, e formou a matéria de que as coisas são compostas.

(...) parece provável para mim que Deus no começo formou a matéria em partículas movíveis, impenetráveis, duras, volumosas, sólidas, de tais formas e figuras, e com tais outras propriedades e em tal proporção ao espaço, e mais conduzidas ao fim para o qual ele as formou; e que estas partículas primitivas, sendo sólidas, são incomparavelmente mais duras do que quaisquer corpos porosos compostos delas; mesmo tão duras que nunca se consomem ou se quebram em pedaços; nenhum poder comum sendo capaz de dividir o que Deus, ele próprio, fez na primeira criação. Enquanto as partículas continuam inteiras, podem compor corpos de uma e mesma natureza e textura em todas as épocas; mas se elas se consumissem, ou se quebrassem em pedaços, a natureza das coisas dependentes delas seria mudada. A água e a terra, compostas de antigas partículas consumidas, não seriam da mesma natureza e textura, agora, da água e terra compostas de partículas inteiras no começo. E, portanto, aquela Natureza pode ser duradoura, as mudanças de coisas corpóreas devem ser colocadas somente nas várias separações e novas associações e movimentos dessas partículas permanentes; corpos compostos são suscetíveis de se quebrar, não no meio de partículas sólidas, mas onde aquelas partículas são juntadas, e se tocam em uns poucos pontos. (Óptica, pp. 54-55)

Deus, além de ter criado todas as coisas, colocou-as também em ordem e em movimento. Uma vez em movimento, o mundo newtoniano permaneceria assim durante muito tempo, segundo leis próprias, mas não para sempre: depois de um longo período, pela resistência da fricção dos planetas no éter em que se movem, ocorreria um decréscimo na velocidade dos corpos celestes e estes perderiam a força; o mundo, portanto, não é uma máquina automotora, cabendo a Deus corrigir as perturbações e recuperar o movimento perdido.

Ora, com a ajuda desses princípios, todas as coisas materiais parecem ter sido compostas das partículas duras e sólidas acima mencionadas, variadamente associadas na primeira criação pelo conselho de um agente inteligente. Pois convinha Aquele que as criou colocá-las em ordem. E se Ele assim fez, é não-filosófico procurar por qualquer outra origem do mundo, ou pretender que este deveria se originar a partir de um caos pelas leis da Natureza; apesar de que, uma vez sendo formado, ele pode continuar por essas leis durante muitas épocas. Pois, enquanto os cometas se movem em órbitas muito excên-

tricas em todos os modos de posições, um destino cego não poderia nunca fazer todos os planetas se moverem de uma e mesma maneira em órbitas concêntricas, algumas irregularidades inconsideráveis excetuadas, que podem ter se originado das ações mútuas dos cometas e planetas entre si e que estarão prontas a aumentar, até que esse sistema requeira uma reforma. (Óptica, pp. 55-56)

Para Newton, Deus criou todas as coisas uniformemente e está presente em todas elas e em qualquer lugar. A maneira como o mundo se apresenta é, portanto, vontade e escolha do Criador.

(...) Tal maravilhosa uniformidade no sistema planetário deve ter permitido o efeito da escolha. E assim deve a uniformidade nos corpos dos animais, tendo eles geralmente um lado direito e um esquerdo formados de modo igual, e em ambos os lados de seus corpos duas pernas atrás, e dois braços, ou duas pernas, ou duas asas na frente sobre seus ombros, e entre seus ombros um pescoço que alcança uma espinha dorsal, e uma cabeça sobre ele; e na cabeça duas orelhas, dois olhos, um nariz, uma boca e uma língua, situados de maneira igual. Também a primeira invenção dessas partes muito artificiais dos animais, os olhos, ouvidos, cérebro, músculos, coração, pulmões, barriga, glândulas, laringe, mãos, asas, bexigas natatórias, órgãos naturais e outros órgãos dos sentidos e movimento; e o instinto das bestas e insetos não pode ser o efeito de nada além do que a sabedoria e habilidade de um agente sempre vivo, poderoso, que, estando em todos os lugares, é mais capaz por Sua vontade de mover os corpos em Seu sensorio uniforme ilimitado, e desse modo formar e reformar as partes do Universo, do que nós somos capazes, por nossa vontade, de mover as partes de nossos próprios corpos. E ainda assim não devemos considerar o mundo como corpo de Deus, ou as várias partes dele como partes de Deus. Ele é um Ser uniforme, destituído de órgãos, membros ou partes, e eles são suas criaturas subordinadas a Ele, e subservientes a Sua vontade; e Ele não é mais a alma deles do que a alma do homem é a alma das espécies de coisas levadas através dos órgãos dos sentidos até o lugar de sua sensação, onde ele as percebe por meio de sua presença imediata, sem a intervenção de qualquer terceira coisa. Os órgãos dos sentidos não são para capacitar a alma a perceber as espécies de coisas em seu sensorio, mas somente para conduzi-las para ali; e Deus não tem necessidade de tais órgãos, estando Ele presente em todos os lugares às próprias coisas. E desde que o espaço é divisível in infinitum e a matéria não está necessariamente em todos os lugares, pode-se também admitir que Deus é capaz de criar partículas de matéria de vários tamanhos e formas, e em várias proporções ao espaço e talvez de diferentes densidades e forças, e, desse modo, variar as leis da Natureza e fazer mundos de várias espécies em várias partes do Universo. Pelo menos, não vejo nada em contradição com tudo isto. (Óptica, p. 56)

Para introduzir a discussão da noção de Deus para Newton, foi colocada a necessidade de explicação de alguns fenômenos que as leis físicas não davam conta.

É interessante, porém, notar que o Deus newtoniano segue o mesmo raciocínio das explicações do mundo de Newton, confirmando Koyré (1979) que comenta: "O Deus de um filósofo e seu mundo sempre se correspondem" (p. 100). A título de exemplo poder-se-iam estabelecer algumas relações entre a noção de Deus e as explicações sobre o mundo de Newton.

A matéria atua sobre outra matéria, proporcionalmente à distância, ou seja, quanto mais longe um corpo do outro, menor a força de atração exercida, podendo não existir nenhuma; Deus, que atua sobre todas as coisas, está em toda parte e, portanto, a ação e percepção de cada uma delas se dão no próprio espaço em que se situam. Newton não explica, experimentalmente, a origem dos fenômenos que observa, analisa e matematiza; Deus é o Criador de tudo e, sendo assim, a origem fica dada sem interferir nas leis que são propostas para os eventos. Newton propõe leis universais; igualmente Deus cria uniformemente todas as coisas. As noções de tempo e espaço absoluto são necessárias para se ter medidas reais dos movimentos; para Newton (segundo Clarke em correspondência com Leibniz), Deus é Onipresente e Eterno, isso é, o espaço e o tempo ilimitado são consequências necessárias de Sua existência.

Partindo-se das idéias de Newton, o universo era, então, completamente explicável.

Ao fim do século, o triunfo de Newton era completo. O Deus newtoniano reinava, supremo, no vazio infinito do espaço absoluto, no qual a força da atração universal interligava os corpos estruturados atômicamente do universo incomensurável e os fazia moverem-se de acordo com rígidas leis matemáticas. (Koyré, 1979, p. 255)

REFERÊNCIAS

- Bacon, F. "Novum organum". In: *Bacon*. São Paulo, Abril Cultural, 1973, col. Os Pensadores.
- Banfi, A. *Galileu*. Lisboa, Edições 70, 1983.
- Bernal, J. D. *Ciência na história*. Lisboa, Livros Horizonte, 1976a, vol. II.
- _____. *Ciência na história*. Lisboa, Livros Horizonte, 1976b, vol. III.
- Beyssade, M. *Descartes*. Lisboa, Edições 70, 1983.
- Bréhier, E. *História da filosofia*. São Paulo, Mestre Jou, 1977a, tomo II, vol. I.
- _____. *História da Filosofia*. São Paulo, Mestre Jou, 1977b, tomo II, vol. II.
- Bronowski, J e Mazlich, B. *A tradição intelectual do Ocidente*. Lisboa, Edições 70, 1988.
- Burt, E. *As bases metafísicas da ciência moderna*. Brasília, UnB, 1983.
- Chauí, M. "Filosofia moderna". In: Chauí, M. e outros. *Primeira filosofia*. São Paulo, Brasiliense, 1984.
- Desanti, J. T. "Galileu e a nova concepção da natureza". In: Châtelet, F. *A filosofia do mundo novo*. Rio de Janeiro, Zahar, 1981.
- Descartes, R. "Discurso do método". In: *Descartes*. São Paulo, Abril Cultural, 1973, col. Os Pensadores.
- _____. "As paixões da alma". In: *Descartes*. São Paulo, Abril Cultural, 1973, col. Os Pensadores.
- _____. "Meditações". In: *Descartes*. São Paulo, Abril Cultural, 1973, col. Os Pensadores.
- _____. "Objeções e respostas". In: *Descartes*. São Paulo, Abril Cultural, 1973, col. Os Pensadores.
- Drake, S. *Galileu*. Lisboa, Publicação Dom Quixote, 1981.
- Farrington, B. *Francis Bacon - Filósofo da Revolução Industrial*. Madri, Editorial Ayuso, 1971.
- Galilei, G. "O ensaiador". In: *Galileu*. São Paulo, Abril Cultural, 1973, col. Os Pensadores.
- _____. *Dois novas ciências*. São Paulo, Nova Stella Editorial e Ched Editorial, s/d.
- Hobbes, T. "Leviatã ou matéria, forma e poder de um estado eclesiástico e civil". In: *Hobbes*. São Paulo, Abril Cultural, 1973, col. Os Pensadores.
- Huberman, L. *História da riqueza do homem*. Rio de Janeiro, Zahar, 1979.

- Koyré, A. *Do mundo fechado ao universo infinito*. Rio de Janeiro, Forense Universitária, 1979.
- _____. *Estudos de história do pensamento científico*. Rio de Janeiro, Forense Universitária, 1982.
- _____. *Considerações sobre Descartes*. Lisboa, Editorial Presença, 1986a.
- _____. *Estudos galileicos*. Lisboa, Publicações Dom Quixote, 1986b.
- Locke, J. "An essay concerning human understanding". In: Hutchins, R. M. (ed.). *Great Books of the Western World*, vol. 35, 23ª ed., Chicago, Willian Benton, Publisher, 1980.
- Locke, J. "Ensaio acerca do entendimento humano". In: *Locke*. São Paulo, Abril Cultural, 1978, col. Os Pensadores.
- _____. "Segundo tratado sobre o governo". In: *Locke*. São Paulo, Abril Cultural, 1978, col. Os Pensadores.
- Martins, C. E. e Monteiro, J. P. "Vida e obra". In: *Locke*. São Paulo, Abril Cultural, 1978, col. Os Pensadores.
- Newton, I. "Óptica". In: *Newton*. São Paulo, Abril Cultural, 1979, col. Os Pensadores.
- _____. "Princípios matemáticos da filosofia natural". In: *Newton*. São Paulo, Abril Cultural, 1979, col. Os Pensadores.
- Oliveira, C. A. B. *Considerações sobre a formação do capitalismo*. Campinas, dissertação de mestrado não publicada, apresentada ao Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da Unicamp, 1977.
- Silva, L. S. "Teoria do conhecimento". In: Chauí, M. e outros. *Primeira filosofia*. São Paulo, Brasiliense, 1984.
- Vázquez, A. S. *Filosofia da práxis*. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1977.
- Vilar, P. "A transição do feudalismo ao capitalismo". In: Santiago, T. (org.). *Capitalismo - Transição*. Rio de Janeiro, Livraria Eldorado Tijuca, 1975.

BIBLIOGRAFIA

- Abbagnano, N. *História da filosofia*. Lisboa, Editorial Presença, 1978, vol. VII.
- _____. *História da filosofia*. Lisboa, Editorial Presença, 1982, vol. VI.
- Acton, H. B. "'The Enlightenment' y sus adversarios". In: Belaval, Y. *História de la filosofía*. 2ª ed., México, Siglo XXI, 1977, vol. 6.
- Aquino, R. S. L. e outros. *História das sociedades*. Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico, 1981.

- Duchesnau, F. "John Locke". In: Châtelet, F. *História da filosofia*. Lisboa, Publicações Dom Quixote, 1983, vol. 4.
- Morton, A. L. *A história do povo inglês*. Rio de Janeiro, Civilização Brasileira, 1970.
- Oliveira, J. C. e Albuquerque, R. H. P. L. "Notas sobre a relação ciência, técnica e sociedade". *Ciência e Cultura*, 33(6), 1980.