

A Ciência Pensa?*

Gilles Gaston Granger**

Resumo: Tratamos neste artigo de algumas questões concernentes aos aspectos do *pensamento* nas horas científicas e à relação entre ciência e filosofia.

Palavras-chave: pensamento científico - cálculo - análise crítica - imaginação conceptual - objeto virtual.

A questão que aqui propomos pode ser formulada nos seguintes termos: em que consiste o *pensamento* na obra do conhecimento científico, e esse pensamento merece plenamente seu nome? A resposta que tentaremos apresentar será resolutamente positiva. Mas seguramente cabe-nos precisar *em que consiste esse pensamento*, confrontando-o eventualmente com outras formas reconhecidas como tais.

Antes de tudo, faremos uma observação com o intuito de eliminar duas *inadequadas* noções de pensamento. A primeira, decorrente de uma falsa interpretação do uso de símbolos, assimila toda representação, toda *imagem simbólica*, a um pensamento. Admitimos, decerto, que todo pensamento supõe o uso de um sistema simbólico; mas entendemos por tais siste-

* O tema deste artigo, dedicado a Gérard Lebrun, foi objeto de uma conferência no *Séminaire Dixsaut-O'Brien* da Universidade Paris XIII, em Créteil.

** Professor aposentado do Collège de France e professor convidado do Departamento de Filosofia da USP. Tradução de Caetano Ernesto Plastino.

mas algo distinto dos retratos passivos e fragmentários de um mundo exterior. A outra noção minimal que desejamos descartar consiste em reconhecer como pensamentos as puras e simples associações de idéias.

Uma segunda observação preliminar terá como objetivo excluir um aspecto psicológico ou psicossocial da questão, que por outra parte é completamente legítimo. Não nos interessa o *pensamento dos cientistas*, dos sujeitos pensantes, mas a expressão de um *pensamento nas obras* científicas. Dessa perspectiva, distinguiremos três formas de pensamento: o cálculo; a crítica dos fatos e conceitos; a imaginação conceptual. Poder-se-ia ordenar esses três aspectos em uma hierarquia crescente de *graus* de pensamento. Mas evitamos atribuir muita importância a essa progressão, pois o exame de obras científicas convenceu-nos da inseparabilidade desses três aspectos, que na verdade se combinam em proporções diversas segundo o estado de uma ciência e a orientação de uma obra.

I. O Cálculo e o Pensamento

1.1. *Toda obra científica efetua-se num sistema de símbolos* - linguagem natural ou ideografias específicas -, por oposição à percepção direta de experiências e de fatos. A atividade de transposição simbólica transforma o percebido ou o vagamente imaginado em *objetos de pensamento* articulados. E esse é o primeiro grau de um pensamento propriamente científico.

A matemática, ciência por excelência dos objetos simbólicos, ordena esses objetos de pensamento por meio de *sistemas explícitos de operações abstratas*, cuja manipulação é *cálculo*. O cálculo, porém, é suscetível de mecanização.

1.2. A mecanização do cálculo destrói o pensamento?

1.2.1. Primeiramente, que é calcular?

- Operar sobre *objetos simbólicos*, segundo regras preestabelecidas, pelo menos até encontrar uma dificuldade.

- Orientar o procedimento para um resultado *determinado em sua forma*.

- Possuir *critérios de execução* do procedimento, mas não forçosamente os meios de aplicá-los.

Um tal procedimento, tomado em si mesmo, é de certo "mecanizável", desde que se aceite que a máquina trata os *símbolos* como *fatos empíricos* que agem causalmente sobre seu *hardware*. As regras do cálculo correspondem então a uma organização do *hardware* que determina as respostas causais às *excitações*.

1.2.2. Mas colocam-se então os problemas da *calculabilidade*, que claramente se estendem além do cálculo. A caracterização de uma função como calculável exige uma *reflexão sobre o cálculo*. O pensamento aparece aqui como *metacálculo*. Diferentes definições foram sugeridas por Dedekind (1888) e realizadas nos anos 30 por Gödel, Church, Kleene e Turing. A tese de Church determina *convencionalmente* o calculável (funções recursivas gerais, máquinas de Turing, λ -definibilidade).

Mas ainda é preciso distinguir a calculabilidade teórica da calculabilidade efetiva, e os problemas matemáticos levantados por essa distinção são hoje o objeto de uma teoria da *complexidade*.

1.2.3. O cálculo aparece como *instrumento tático do pensamento*. E é possível paralelamente opor a verificação à demonstração, distinção esta que reaparecerá na segunda parte, a propósito da crítica das inferências.

Dirichlet, geômetra do século XIX, explicitou um projeto matemático (seguindo Condorcet): "substituir o cálculo pelas idéias", que contradiz e complementa a divisa de Leibniz: "*calculemus*". Através de um exemplo simples, mostraremos que não se trata, nessa perspectiva, de dispensar o cálculo: a invenção da álgebra vetorial. Essa álgebra é uma manipulação intrínseca e global de objetos, ao invés de cálculos analíticos sobre coordenadas, mas ela própria é um novo cálculo. Em contrapartida, o cálculo preconizado por Leibniz foi precedido por uma análise *conceptual* em elementos não-contraditórios. O exercício do "pensamento", sempre presente, tem como objetivo estabelecer as bases do cálculo, ou constituir um *novo domínio do cálculo*, num nível superior.

II. A Crítica dos Conceitos e das Inferências

Essa atividade já está subjacente às considerações metacalculatórias acima indicadas. Ela pode manifestar-se em duas direções principais do pensamento científico: a axiomatização e a consideração de problemas de não-contradição.

2.1. A axiomatização

Em matemática, a axiomatização consiste apenas na análise das condições de construção de conceitos, e das regras de seu encadeamento.

Seu ponto de partida está certamente nas intuições perceptivas, mas o matemático não tarda em eliminá-las logo após tê-las esquematizado.

Nas ciências empíricas, a atividade de axiomatização consiste em enunciar princípios que não são extraídos da experiência e que às vezes a *contradiz*.

2.2. Os problemas de não-contradição

2.2.1. Eles podem aparecer na consideração de *sistemas* já construídos.

Em matemática, uma solução proposta é a escolha de um modo de *raciocínio minimal* para raciocinar sobre os enunciados do sistema, tomados como objetos. Em certo sentido, o que se quer é estabelecer a não-contradição de um pensamento rico por meio de um cálculo pobre.

Wittgenstein recusou-se a admitir uma tal dissociação de níveis do pensamento: para ele, o cálculo matemático *já* é inventivo; suas regras são modificáveis à medida que se avança e se depara com as dificuldades de aplicação. Não se coloca, pois, a questão de não-contradição *a priori*. Mas essa concepção não dá conta do aspecto *realista* das matemáticas.

2.2.2. Os "paradoxos"

Eles aparecem como impossibilidade de aplicar as regras originais de manipulação dos objetos do sistema. A atividade do pensamento consiste em remontar à *determinação do sistema de objetos pelas operações* e em modificá-la convenientemente: por exemplo, na axiomatização das teorias dos conjuntos; por exemplo, quando Einstein resolveu a incompatibilidade

entre as equações de Maxwell e a relatividade galileana nos fenômenos eletrodinâmicos do movimento.

III. A Imaginação Conceptual

3.1. *O pensamento científico move-se no virtual.*

Ele constrói modelos abstratos que não se conectam diretamente com as *atualidades*. Os conceitos virtuais são *completamente determinados nos referenciais* escolhidos, e são *incompletamente determinados na atualidade da experiência*. O *virtual* distingue-se do *possível*: um conceito virtual pode ser impossível empiricamente: por exemplo, a noção galileana de inércia. O caráter virtual dos conceitos permite os *experimentos de pensamento*.

3.1.1. Um exemplo é o dos *movimentos virtuais* da mecânica. (Varignon em uma carta a Jean Bernoulli de 1717; d'Alembert 1743, *Traité de dynamique*; Lagrange 1788, *Mécanique analytique*). Num sistema em equilíbrio de sólidos em contato sem atrito, o trabalho elementar das forças aplicadas é nulo em todo deslocamento (*virtual*) infinitamente pequeno que conserva os contatos. Lagrange generalizou ao introduzir o ponto de vista variacional: o movimento *atual*, dentre os movimentos *virtuais* compatíveis com as condições do sistema, é determinado pelo valor *extremo* de uma integral da ação $T+U$ tomada no tempo para cada movimento virtual, para uma energia total $T-U$ constante.

3.1.2. Um segundo exemplo: o da entropia na termodinâmica. Ela é uma grandeza intrinsecamente ligada a um sistema material ficticiamente separado de um meio; sua variação infinitesimal para uma *transformação reversível* (irrealizável atualmente) é igual ao quociente da variação de energia pela temperatura: $dS = dQ/T$.

Constata-se que nesse caso a virtualidade dos conceitos permite uma extensão do campo dos objetos e uma universalização das operações, como se mostrará ainda em um exemplo matemático.

3.1.3. Exemplo matemático. Os "ideais" de Kummer. Certos anéis de números algébricos (ciclotômicos) não possuem a propriedade da decomposição em fatores primos. Kummer restabeleceu-a com a introdução de novos

"números ideais", e Dedekind mostrou que eles são representáveis pelos ideais no sentido moderno de anel. Mas não há correspondência biunívoca entre os elementos - "atuais" - do anel e os ideais. Os ideais são os objetos "virtuais" por oposição aos objetos "atuais", elementos do anel.

3.2. Qual é o papel das "idéias" no empreendimento científico?

3.2.1. O historiador da ciência G. Holton sublinhou o papel dos chamados "temas", por oposição aos conceitos científicos constituídos: "*those fundamental preconceptions of a stable and widely diffused kind that are not resolvable into or derivable from observation and analytic ratiocination*" (*Thematic Origin of Scientific Thought*, 1973, p.24).

Poder-se-ia dar como exemplo a pesquisa sobre um constituinte último da matéria.

Holton distingue três níveis do Tema:

a. "*thematic concept*", que se projetaria sobre diferentes dimensões do pensamento científico.

b. "*methodological Thema*": guia ao seguir-se um projeto.

Exemplo: preferência pela expressão das leis físicas como constância de grandezas.

c. "*thematic hypothesis*". Exemplo: o princípio da constância da velocidade da luz.

3.2.2. Trata-se assim da presença de um pensamento na ciência. Todavia:

a. Ele se caracteriza por seu estatuto vago. A idéia continua *separada da experiência* e *polimorfa*, pois o sistema *operatório* aferente permanece indeterminado.

b. Ele comporta um pano de fundo metafísico, que transcende a experiência e confere uma significação ao mundo como experiência global. Exemplo nas ciências naturais: o atomismo; na matemática: a noção de infinito. Abrem-se então duas vias: a de um aprofundamento conceptual orientado para a objetivação, e a dos desenvolvimentos filosóficos.

c. O papel efetivo das "idéias" na ciência só aparece pela *conceituação*, conforme a primeira via indicada, ou seja, a coordenação de um sistema de operações aos objetos introduzidos.

Exemplo 1: a idéia atomista torna-se conceito com Dalton (razões de combinação das massas) (1803, depois *New System of Chemical Philosophy* 1810-1827); Gay-Lussac (razões de volume para as combinações gasosas); Berzelius (1811-1818).

Exemplo 2: a conceituação da idéia de infinito nas matemáticas: Leibniz tentou essa conceituação, que é sem dúvida um exemplo notável do uso de "pensamentos" na ciência:

- Leibniz teve a *idéia* de uma *aritmética do infinito*, substituto em matemática da visão direta divina.

- Essa aritmética, ou cálculo infinitesimal, só se desenvolve num *universo de signos*, que abreviam operações que não nos é possível efetuar completamente. Mas com isso a "ciência do infinito" não se encontra degradada e "reduzida a ficções"; "o real governa-se pelo ideal e abstrato" (A Varignon, 2 fevereiro 1702, M.S.IV p.93)

- Essa ciência depende de metaprincípios, substitutos humanos de princípios arquitetônicos divinos, por exemplo, a *lei de continuidade*: "*In continuis extremum exclusivum tractari ut inclusivum*" (A Chr. Wolf, M.S.V, pp.382-387). A *lei dos homogêneos*: combinam-se pelo cálculo apenas as grandezas comparáveis: Leibniz elucidou o caráter *não-arquimediano* dos infinitamente pequenos.

Mas essa conceituação da idéia de infinito só será concluída de modo satisfatório por Bolzano e seus sucessores.

* * *

O caso leibniziano que consideramos coloca de modo exemplar o problema da relação entre o pensamento científico e o pensamento filosófico.

O pensamento filosófico não tem em vista nossas experiências para delas construir modelos abstratos como a ciência. Ele propõe e constitui as *significações* para a experiência, considerada como uma *totalidade virtual*. Ele é metaconceptual em um sentido radical.

Embora não proporcione um conhecimento científico, o pensamento filosófico deixa um traço permanente na ciência, que é a presença do *metaconceptual*, sob a forma de reflexão sobre a definição, o alcance e a validade dos conceitos dos próprios objetos. Mas essa reflexão metaconceptual não se desenvolve na construção de sistemas de significações de uma experiência total. Ela mantém-se dirigida à construção de novos objetos, construção *local*, mesmo que envolva um conjunto sempre mais amplo de fenômenos. Nem por isso é menos pensamento; é por excelência pensamento inventivo e racional a um só tempo.

Cassiopee, março de 93.

Abstract: In this paper we shall be concerned with certain questions about the aspects of *thought* in scientific works, and the relation between science and philosophy.

Keywords: scientific thought - calculation - critical analysis - conceptual imagination - virtual object.