

*Trecho do capítulo IV do livro "Early Physics and Astronomy", por Olaf Pedersen*

### *Abstração e Classificação*

Para Aristóteles, o conhecimento científico se caracteriza por vários graus de abstração. Assim, o primeiro grau de abstração é identificar as características individuais de um fenômeno complexo: a investigação científica de uma rosa começa por descrever um certo número de espécimens individuais; entretanto, o botânico se preocupa apenas com as propriedades que as rosas têm em comum e desconsidera peculiaridades individuais. O cientista quer achar a *forma* de um objeto que é a mesma, idêntica em todas as rosas individuais. As peculiaridades provêm da sua *matéria* e não são de interesse específico.

O processo de abstração pode ir mais ou menos longe. Mesmo que uma abstração seja feita a partir das características individuais de um número de espécies de um mesmo tipo, estas últimas podem ser vistas como entidades materiais que permitem examinar fenômenos naturais na forma em que eles aparecem no mundo material. Esse primeiro grau de abstração, que abrange todas as ciências naturais, foi chamado de *física* por Aristóteles. Uma definição mais precisa diz que a física é a ciência do movimento. Aqui, a palavra *movimento* tem dois sentidos: denota o movimento local de uma partícula que muda de posição, mas, de forma mais geral, descreve qualitativamente as mudanças de um estado para outro.

No segundo nível de abstração, as coisas do mundo material são vistas como separadas de suas propriedades materiais. Pode-se examinar, por exemplo, o formato geométrico ou tamanho, relações numéricas e assim por diante. Esse segundo grau de abstração engloba a *matemática* no sentido mais amplo; conseqüentemente, a matemática é concebida como uma ciência empírica do mundo real que, entretanto, é abstrata e geral porque as formas matemáticas têm caráter universal.

As propriedades materiais e matemáticas não exaurem a totalidade da existência. Quando se remove a matéria, o formato e o número, ainda sobra alguma coisa geral. Nesse terceiro nível de abstração, somente se pode fazer perguntas fundamentais sobre, por exemplo, a existência ou não-existência ou sobre conexões causais. O conhecimento adquirido nesse nível é a *metafísica*.

A classificação do conhecimento científico em física, matemática e metafísica é um dos alicerces da filosofia aristotélica. A classificação pode evoluir para definir subdivisões mais refinadas que distinguem, por exemplo, os vários ramos da física. Aqui, a astronomia e algumas outras ciências criam um problema especial, porque somente conseguem descrever o mundo material por meio de relações matemáticas. A rigor, ciências desse tipo pertencem ao primeiro grau de abstração, mas a linguagem matemática as liga com o segundo.

Autores que vieram depois, como Ptolomeu, mudaram a classificação aristotélica e descreveram a astronomia e a física matemá-

tica (isto é, a óptica, a mecânica e as vibrações harmônicas) como ramos da matemática. Filósofos medievais adotaram uma posição média e consideraram essas ciências como intermediárias entre as duas primeiras abstrações. Entretanto, em contraste com a tradição platônica, a aristotélica sempre estabeleceu relações matemáticas na ciência *a posteriori*, isto é, como algo a ser identificado na natureza, nunca imposta desde o começo.

### *A Ciência como Explicação Causal*

Para Aristóteles, o propósito do método científico é demonstrar que existe regularidade e uma ordem fundamental atrás dos fenômenos complexos percebidos pelos sentidos humanos. Aqui, *ordem* significa conexão causal, e o principal objetivo da ciência é encontrar causas para os vários fenômenos, de forma que possamos ver como cada um condiciona e produz os outros. Em outras palavras, para Aristóteles explicação científica nada mais é que explicação causal; uma descrição não-causal da natureza seria não-científica. E Aristóteles distingue quatro tipos de causas necessárias para produzir um fenômeno. A causa *material* é o material necessário para que ele exista. A causa *formal* é a forma introduzida nessa matéria para que apareça um ente independente. A causa *eficiente* é a força necessária para unir matéria e forma. E, por fim, a causa *final* é o propósito do processo.

É fácil aplicar essas categorias causais a muitas das atividades humanas. Quando se constrói uma casa, a causa material são os tijolos, o cimento e as telhas. A causa formal é o projeto arquitetônico. A causa eficiente é o trabalho dos pedreiros, e a causa final é a vontade do construtor, de possuir uma casa. Com algumas exceções — será que um eclipse lunar tem algum propósito? — Aristóteles supôs que o mesmo esquema se aplica no conhecimento do mundo físico. Mais tarde, essa hipótese se revelou como um dos pontos fracos de sua filosofia e a fonte de várias dificuldades. Em particular, a introdução de causas finais nas ciências físicas se tornou uma pedra no caminho da física. Alguém disse a Galileu, por exemplo, que as luas de Júpiter que ele descobrira não poderiam existir: uma vez que são invisíveis a olho nu, esses satélites não poderiam servir a nenhum propósito.

### *Tarefas para os grupos*

Como na aula do dia 15, para discutir as ideias no texto acima, cada grupo deverá concentrar-se em um ramo da ciência moderna, conforme enumeração abaixo. Desta vez, digamos que Aristóteles surtisse entre nós e fosse inteirado do status desse ramo do conhecimento. Que comentários faria ele? O grupo consegue identificar as quatro causas no ramo em questão? A pesquisa nessa área manda bem, isto é, procura achar relações causais? Matemática e observação se confundem? Se o ramo estiver fora do conhecimento do grupo, a enciclopédia britânica será sua melhor amiga.

*Grupo A.* Biotecnologia - produção de remédios e vacinas.

*Grupo B.* Mecânica quântica - equação de Schrödinger e conceito de medida, incluindo interpretação probabilística.

*Grupo C.* Marxismo - pensamento de Marx (para manter foco, não considerar interpretações socialistas posteriores).

*Grupo D.* Astronomia - sistema solar, estrelas e galáxias, expansão do universo.

*Grupo E.* Eletromagnetismo - equações de Maxwell.

*Grupo F.* Teoria geral da relatividade - deformações do espaço-tempo, equações de Einstein e buracos negros.

*Grupo G.* Medicina - órgãos e fisiologia do corpo humano.

*Grupo H.* Computação - modelagem, linguagens de programação e ciência de dados.

*Grupo J.* Química Teórica - estrutura eletrônica de átomos e moléculas.

*Grupo K.* Teoria da evolução - Darwin e desenvolvimentos mais modernos.

*Grupo L.* A óptica de Newton - teoria das partículas luminosas, reflexão, refração e dispersão das cores.