

## A CIÊNCIA ARISTOTÉLICA E SEUS SUCESSORES

### 1. A Física Aristotélica

Na seção III.1, apresentamos alguns princípios da metafísica da natureza de Aristóteles, onde mencionamos que os quatro elementos tenderiam a se ordenar em torno do centro do mundo, cada qual em seu “lugar natural”. Se um elemento é removido de seu lugar natural, seu “movimento natural” é retornar de maneira retilínea: terra e água tendem a descer, ar e fogo tendem a subir. O “movimento violento” envolve a remoção de um corpo de seu lugar natural, ou é o resultado do exercício de uma força por um agente. Os corpos celestes envolveriam um quinto elemento, o *éter*, que daria conta da imutabilidade dos céus, em seu eterno movimento circular.

A “dinâmica”, que investiga as causas dos movimentos, praticamente inexistia antes de Aristóteles. Os pré-socráticos falavam no princípio de “atração dos iguais pelos iguais”, o que explicaria porque a pedra tende a cair para o chão, mas o princípio se aplicava a tudo. Para Aristóteles, todo movimento tem um agente (um motor) e um paciente (o movido). A fonte do movimento é uma força (*dunamin* ou *ísquis*). No movimento natural a força é interna, e no movimento violento ela é externa, tendo que haver contato contínuo entre o motor e o movido. Assim, para explicar porque uma pedra arremessada continua se movendo na horizontal, Aristóteles tinha que postular a “antiperistasis”, ou seja, o ar deslocado pela frente da pedra retornaria para a parte traseira da pedra e nela exerceria uma força!

O paradigma de *movimento violento* é uma pessoa empurrando um objeto, como uma caixa de madeira em uma superfície lisa. A distância ( $S$ ) percorrida em um intervalo de tempo ( $T$ ) é proporcional à força exercida ( $F$ ) dividida pelo peso do corpo ( $P$ ), sendo que este peso inclui também a resistência do meio:  $F/P = S/T$ . Aristóteles tinha uma noção clara de que, abaixo de uma certa força exercida, o movimento pode cessar (devido ao atrito estático) (*Física* VII.5, 249b30-250a28).

O paradigma do movimento natural é a queda de um corpo em um fluido, como água. Neste caso (*Física* IV.8, 215a24-b10), a força é o peso do corpo ( $P$ ), e a resistência ( $R$ ) exprime a densidade do meio:  $P/R = S/T$ . Aristóteles também descreveu o movimento para cima de uma porção de fogo com a mesma lei, indicando que a velocidade seria proporcional ao volume do objeto (*De caelo*, 309b11-15). O filósofo da ciência Stephen Toulmin (1961) salientou que esta lei é correta no domínio de observação restrito em que o corpo atinge uma velocidade terminal de queda, sendo uma versão simplificada da chamada “lei de Navier-Stokes”. Há dois trechos em que Aristóteles indica ter noção de que, na queda dos corpos, há alteração de velocidade (*Física*, 230b24-28; *De caelo*, 277b4-5).

Em sua *Física* (IV.8, 215b12-22), Aristóteles trata da possibilidade do *vazio*. Como este não oferece resistência, o movimento de queda seria infinitamente rápido, o que é inadmissível. Assim, *o vazio não existiria*. Porém, em outros trechos, menciona que a velocidade de queda dos corpos depende do peso. Na *Física* (VIII, 216-220), considera que se não houvesse um meio a ser vencido (ou seja, se a queda fosse no vazio), as velocidades seriam as mesmas!<sup>25</sup>

A maior parte da obra científica de Aristóteles versa sobre a biologia (ver seção seguinte). Ao contrário dos platônicos, ele valorizava a observação detalhada da natureza. Com relação às

<sup>25</sup> CLAGGETT, M. (1955), *Greek science in antiquity*, Collier-MacMillan, Nova Iorque, pp. 64-67. Ver também: CASPER, B.M. (1977), “Galileo and the fall of Aristotle: a case of historical injustice?”, *American Journal of Physics* 45, 325-30; KATZ, J. (1943), “Aristotle on velocity in the void”, *American Journal of Philology* 64, 432-5; e TOULMIN, S. (1961), *Foresight and understanding*, Harper & Row, New York, p. 50.

causas finais, tanto Platão quanto Aristóteles insistiam que a natureza é regida por um *desígnio racional*, em contraste com a abordagem mecanicista de Empédocles e dos atomistas.

## 2. A Biologia de Aristóteles

Aristóteles é considerado o pai da biologia. Deu nome a cerca de quinhentas espécies de animais, tendo feito dissecações (mas não de seres humanos), descrevendo a anatomia do camaleão, de caranguejos, lagostas, cefalópodes (polvos etc.) e muitos peixes e pássaros. Observou meticulosamente o acasalamento de insetos e o comportamento dos pássaros. Descreveu o comportamento e a anatomia das abelhas.

Estudou principalmente a vida marinha. Sua descrição do ouriço-do-mar levou ao termo “lanternas-de-aristóteles” (Fig. V.1), mas só recentemente a controvérsia sobre o significado deste termo se esclareceu.<sup>26</sup> Afirmou corretamente que os ovos de certa espécie de ouriço-do-mar são maiores na lua cheia. Observou que a fêmea da lampreia abandona seus ovos para que o macho tome conta (fato só confirmado em 1856). Fez também testes de percepção sensorial em vieiras e esponjas. Na embriologia, estudou o crescimento do embrião do pinto e observou a batida do seu coração. Descreveu o cação-de-espinho, peixe vivíparo que tanto impressionara Anaximandro (ver seção I.3). Observou também a “hectocotilização” em cefalópodes, quando o macho fertiliza a fêmea com seu tentáculo. Essas duas observações só seriam confirmadas no século XIX.



Figura V.1a: As “lanternas-de-Aristóteles” foram interpretadas a partir de 1734 como se referindo à peculiar mandíbula do ouriço-do-mar.

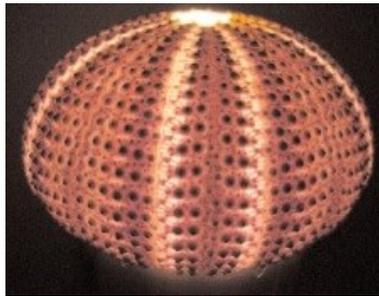


Figura V.1b: A partir de 1950 surgiu a interpretação de que o termo *stroma* (mandíbula) seria na verdade *soma* (corpo), de maneira que a lanterna se referiria à testa (côncava) do ouriço.



Figura V.1c: À direita, uma lanterna da Grécia Antiga, favorecendo a segunda interpretação.

Aristóteles esboçou uma classificação dos seres vivos, organizando uma “escala da natureza”, partindo das plantas, passando pelas esponjas, águas-vivas, moluscos, até o outro extremo, com mamíferos e o homem. Em sua discussão sobre a reprodução, analisou a questão de se a semente contém todas as partes do progenitor adulto (a “pangênese” dos atomistas e de alguns médicos), e concluiu que não. Em comparação com sua excelente zoologia, sua anatomia e

<sup>26</sup> VOULTSIADOU, Eleni & CHINTIROGLOU, C. (2008), “Aristotle’s lanterns in echinoderms: an ancient riddle”, *Cahiers de Biologie Marine* 49: 299-02. A Fig. V.1a é foto de S. Kühn, obtido do site do National Marine Aquarium Plymouth. A Fig. V.1b é a testa do ouriço-do-mar roxo (*Sphaerechinus granularis*), do Mar Egeu, iluminada por dentro. A Fig. V.1c é uma lanterna da cidade de Derveni encontrada em uma tumba, datada de final do séc. IV AEC (Museu Arqueológico de Salonica). As duas últimas figuras aparecem no artigo citado.

fisiologia humana, assim como sua botânica, continham muitos erros. Acreditava, por exemplo, que a função do cérebro era resfriar o sangue e que o coração era o centro das sensações e da consciência.

### 3. O Período Helenista

A ascensão do império de Alexandre teve o efeito de pôr outras culturas em contato com a grega. Com sua morte em 323 AEC e a queda de seu império, diversos reinos surgiram, concentrando bastante riqueza, como o Egito, a Selêucia (na Babilônia) e Pérgamo. Com isto, a atividade científica passou a ser impulsionada pela *patronagem real*. O ponto alto desta patronagem ocorreu na dinastia dos Ptolomeus, no Egito, com a fundação da Biblioteca e do Museu de Alexandria, que se tornou o principal centro de pesquisa a partir do séc. III AEC. O Museu era uma comunidade de pesquisadores, e veremos algo sobre sua pesquisa em medicina, matemática e astronomia nos capítulos seguintes.

O interesse dos reis ptolomaicos estaria em parte no desenvolvimento de armas bélicas, e em parte na obtenção de prestígio. Porém, nossa concepção atual de “ciência”, enquanto empreendimento associado ao progresso material, estava ausente em toda a Antiguidade.<sup>27</sup>

### 4. Os Sucessores de Aristóteles: Teofrasto e Estráton

No Liceu, em Atenas, os maiores sucessores de Aristóteles foram Teofrasto de Ereso (371-286 AEC) e Estráton de Lâmpsaco (c. 340-268 AEC). Teofrasto trabalhou vinte anos com Aristóteles, no Liceu, passando a dirigir a escola por 35 anos após a morte do mestre. Teve uma obra científica comparável à de Aristóteles, tendo escrito dois grandes tratados de botânica e um de petrologia. Questionou o domínio de validade da noção de causa final: qual seria, por exemplo, a causa final das marés? Por que os cervos teriam chifres, se lhes eram perniciosos?

Rejeitou também que o fogo fosse um dos elementos primários. Investigou vários aspectos da geração do fogo, questionando-se, por exemplo, por que uma brasa apertada na mão queima menos do que uma brasa solta. Escreveu um tratado de *petrologia*, descrevendo pedras de vários tipos a partir do peso, dureza, reatividade ao fogo etc. É dele a descrição mais antiga de um método para determinar as proporções dos constituintes de uma liga metálica, e do método de preparação do pigmento de chumbo branco.

Mas seu campo mais importante de atividade foi a botânica. Mencionou cerca de 550 espécies e variedades de plantas. Elaborou um método de classificação vegetal que seria bastante influente, partindo da distinção entre árvores, arbustos, vegetação rasteira e ervas. Descreveu detalhadamente diversas partes das plantas e diferentes tipos de plantas. Incluiu, em sua classificação dos diferentes modos de reprodução de plantas, a geração espontânea, que era aceita também em animais, mas reconheceu que o que aparenta ser “espontâneo” poderia ser causado por sementes pequenas, como sugerira Anaxágoras.

O sucessor de Teofrasto à frente do Liceu, Estráton, também escreveu sobre vários assuntos, mas se concentrou na física e na dinâmica. Só restaram poucos trechos de sua obra. Sobre a natureza do pesado e do leve (ou seja, sobre a gravidade), rejeitou a ideia aristotélica de que haveria *duas* tendências naturais: corpos leves para cima, corpos pesados para baixo. A ascensão do ar e do fogo pode ser explicada, de maneira mais simples, apenas pela tendência dos corpos mais pesados para se deslocarem para baixo. Investigou também o aumento de velocidade (aceleração) na queda livre, notando que o barulho feito por uma pedra que cai do alto é maior do que o da pedra que cai de um lugar mais baixo.

<sup>27</sup> Nosso relato da ciência helenística, neste e nos próximos capítulos, segue: LLOYD, G.E.R. (1973), *Greek science after Aristotle*, Norton, New York. Seu resumo sobre a ciência dos epicuristas e estoicos está nas pp. 21-32.

Estráton realizou experimentos para investigar o vácuo. Num destes experimentos, demonstrou a materialidade do ar, colocando um balde invertido na água. Defendeu a possibilidade de se produzir o vácuo, baseado em observações e rejeitando as considerações teóricas de Aristóteles. Num outro experimento, argumentou que a compressibilidade do ar indica a existência de vácuos espalhados em pequenas quantidades, e que ao se chupar o ar de um recipiente produz-se um vácuo.

## 5. As Filosofias da Natureza Atomista e Estoica

Na Filosofia, os grandes inovadores do início do período helenista foram os epicuristas e estoicos. Colocando a ética acima da física e da lógica, viam na finalidade da filosofia a obtenção da felicidade, mesmo diante de adversidades.

Epicuro (341-270 AEC) nasceu em Samos, mas fundou sua escola, o Jardim, em Atenas. Atacou vigorosamente a superstição e a mitologia, mas não se interessava pela investigação detalhada dos fenômenos naturais, pois o objetivo da pesquisa seria atingir a paz de espírito. Epicuro era um atomista, seguindo Leucipo e Demócrito (ver seção I.2), e sendo sucedido nesta corrente pelo romano Lucrecio (séc. I AEC) e pelo médico Asclepiades (ver seção VI.4). Respondendo às críticas de Aristóteles, defendeu que os átomos são “mínimos físicos”, mas não “mínimos matemáticos”, tendo assim um tamanho e partes. Epicuro também adicionou a propriedade de *peso* à lista das propriedades primárias dos átomos, que para Leucipo e Demócrito eram apenas forma, posição, e o arranjo de um conjunto de átomos.

Os fundadores do atomismo concebiam que o Universo se originaria com todos os átomos “caindo” na mesma direção. Átomos maiores cairiam com maior velocidade, se chocariam com os mais lentos e, assim, se iniciariam movimentos em todas as direções, que acabariam formando os mundos, num dos quais nós viveríamos (os outros mundos estariam espalhados pelo espaço infinito). Mencionamos na seção V.1 que Aristóteles comentou que, se houvesse o vazio, a queda de todos os corpos no vazio deveria se dar com a mesma velocidade. Isso teria trazido um problema para Epicuro, que portanto introduziu um pequeno movimento aleatório lateral (*clinamen*), um movimento *sem causa*, para explicar a progressiva agregação dos átomos.<sup>28</sup>

A questão de se a natureza é determinista ou intrinsecamente estocástica (aleatória) permanece até hoje. O movimento sem causa de Epicuro seria também usado para explicar a liberdade da alma. Epicuro era um materialista, e explicava eventos mentais por meio de átomos-espirituais.

O *estoicismo* surgiu na mesma época e foi o grande rival do epicurismo. Fundado por Zenão de Cício (335-263 AEC), desenvolvido por Cleanto de Assos (331-232) e especialmente Crisipo de Soles (280-207), evoluiu até a época romana, com Sêneca (séc. I EC).

Os estoicos concordavam com os epicuristas que o motivo subjacente ao estudo dos fenômenos naturais seria alcançar a paz de espírito (*ataraxia*), mas, de resto, discordavam. Os estoicos negavam a existência do vazio dentro do mundo, apesar de fora do mundo existir um vazio infinito. O mundo seria “pleno” (sem regiões vazias), mas mesmo assim o movimento seria possível, pela mesma razão que um peixe consegue nadar dentro d’água. O espaço e o tempo seriam contínuos, ao contrário da opinião de Epicuro, para quem espaço e tempo seriam compostos de partes mínimas.

<sup>28</sup> A estória contada neste parágrafo foi formulada na p. 26 de LANGE, F.A. (1974), *The history of materialism*, trad. E.C. Thomas, Arno Press, Nova Iorque (1ª ed. em alemão: 1866; 2ª ed.: 1875). Porém, este relato é duvidoso, conforme argumentado por KATZ (1943), op.cit. (nota 25), p. 435, que nega que Demócrito concebesse que as partículas mais pesadas cairiam mais rapidamente. Há também quem atribua o *clinamen* a Lucrecio, não a Epicuro.

A física estoica era essencialmente qualitativa. Partia-se de dois princípios, o *ativo* e o *passivo*, onde o passivo é a matéria ou substância sem qualidades, e o ativo é causa, deus, razão ou sopro vital (“*pneuma*”), alma, fatalidade. Adotavam os quatro elementos de Empédocles e Aristóteles.

O mundo começaria no fogo, evoluiria, até que o processo seria revertido, terminando-se novamente em fogo, num eterno vai e vem. O *pneuma* consistiria de ar e fogo, e seria um princípio ativo. Objetos teriam “*hexis*”, que os mantêm coesos; plantas teriam “*physis*”, natureza, que as fazem crescer e se reproduzir; animais também teriam “*psyche*”, alma, que os fazem se movimentar e sentir. Segundo os estoicos, o universo como um todo é um ser vivo, com *pneuma*, *psyche* e “*nous*” (razão). Não haveria acaso na natureza: os estoicos eram deterministas, e procuravam adivinhar o futuro levando em conta a cadeia de causas e efeitos. Temos com os estoicos uma teoria do *contínuo* da matéria, iniciando o debate que dura até hoje entre atomismo e continuísmo (“plenismo”).

## MEDICINA GRECO-ROMANA

### 1. Origens da Medicina

Os egípcios eram cirurgiões competentes, conforme indica um papiro de 1600 AEC, que relata 48 casos de cirurgia clínica, envolvendo ferimentos de guerra, cada qual apresentando exame, diagnóstico e tratamento, além de explicações de termos médicos. Tinham noção de que o cérebro é o centro controlador do corpo. Seu conhecimento de anatomia humana proveio da prática de embalsamamento. O cérebro, os intestinos e outros órgãos eram retirados e lavados em vinho e colocados com ervas em canopos. As cavidades do corpo eram então preenchidas com perfumes e resinas, e o corpo era costurado e imerso em salitre por setenta dias. Depois o corpo era envolto em bandagens e colocado em um sarcófago selado. O primeiro médico importante de que se tem notícia foi Imhotep (séc. XXVII AEC).

Na Mesopotâmia, a medicina empregava drogas produzidas a partir de ervas, minerais e partes de animais, e reconheciam doenças como a hidropisia, a febre, a hérnia, a sarna e a lepra. Os tratamentos eram influenciados também pela numerologia. Tinham uma técnica de adivinhação chamada “hepatoscopia”, baseada no exame do fígado de um ovelha ou cabra. Devido à grande quantidade de sangue presente no fígado, atribuíam a este órgão a origem das emoções. O coração seria a sede do intelecto (opinião aceita também pelos hebreus). Na época dos babilônios, produziu-se uma classificação dos animais, separados em peixes, outros seres marinhos, serpentes, pássaros e quadrúpedes. As plantas também tinham uma classificação, e já se sabia que a tamareira se reproduzia sexualmente.

Por tradição, quem é considerado o fundador da medicina grega é Esculápio (Asclépio), que pode ter existido em torno de 1200 AEC. Após sua morte, ele teria sido divinizado, sendo celebrado em templos que ofereciam um tratamento ritual para doenças, por meio de banhos e de um período de repouso em que se fazia um trabalho psicológico no paciente, incluindo a análise dos sonhos. O símbolo de Esculápio era a serpente, que era usada para lamber as feridas dos pacientes. Os médicos gregos utilizavam drogas extraídas de ervas e raízes.

De início, havia quatro principais escolas médicas na Grécia. A escola pitagórica, liderada por Alcmeón de Crotona, encarava a saúde como um equilíbrio de forças dentro do corpo, considerando o cérebro como o centro das sensações. A escola siciliana, de Empédocles, Acron e Filisto, enfatizava a importância do ar. A escola jônica realizava algumas dissecações anatômicas. A quarta escola, de Abdera, da qual participava o atomista Demócrito, dava importância à ginástica e à dieta.

### 2. O Corpo Hipocrático

No início do séc. IV AEC, dois grandes centros de medicina, localizados próximos um do outro, passaram a se destacar. Em Cnido, ao sul de Mileto, na Ásia Menor, surgiu uma escola especializada em obstetrícia e ginecologia, e na ilha de Cós, uma dedicada a observações médicas mais gerais. O médico mais importante foi Hipócrates de Cós (c. 460-370 AEC), e sua escola deixou mais de 50 tratados de medicina, chamados coletivamente de *Corpo Hipocrático*.

Nesses tratados, encontra-se uma preocupação em separar o médico devidamente preparado de um charlatão despreparado. Boa parte da reputação do médico referia-se à sua capacidade de fazer uma *prognose*, descrevendo corretamente a evolução de uma doença. Já a cura era mais difícil, com os meios limitados de então. Entre os métodos de tratamento do Corpo Hipocrático estavam a cirurgia, a cauterização, o sangramento, a administração de purgantes e, especialmente, o controle do “*regime*”, com dieta e exercício. Um traço distintivo dos métodos

hipocráticos era a concepção de que *a doença é um fenômeno natural*, o efeito de causas naturais, e não a ação divina ou sobrenatural. Apesar disso, é claro, permaneciam muitos traços de superstição. Outros métodos desenvolvidos incluíam o *exame* cuidadoso do paciente e dos fluidos expelidos, e a *observação sistemática* da evolução do paciente.

Havia diversas teorias sobre as *causas das doenças*. Alguns defendiam uma causa única para todas as doenças, outros que em cada paciente a causa era singular. No entanto, como o fim prático era o tratamento dos doentes, os médicos valorizavam acima de tudo a coleta de evidência e a cautela com hipóteses causais. No tratado *Da medicina antiga*, o autor protestou contra a importação para a medicina das ideias de filósofos, com seus conceitos de calor, frio, seco, úmido, etc. Salientou que a medicina é uma arte, *techne*, que requer prática e não necessita de hipóteses. A recusa em aceitar as especulações filosóficas caracteriza uma postura que era chamada de *empirista*.

Apesar destas críticas contra o uso de explicações teóricas, era inevitável que algumas hipóteses explicativas acabassem sendo adotadas pelos médicos, como a divisão entre os *quatro humores* ou líquidos do corpo humano: sangue, bile amarela, bile negra (que não corresponde a um fluido real) e flegma (catarro). Mais tarde, Galeno, no *De temperamentis*, iria associar esses humores a quatro temperamentos: sanguíneo (extrovertido, alegre, dispersivo), colérico (extrovertido, bravo, comandante), melancólico (introvertido, criativo, deprimido), fleumático (introvertido, calmo, pensativo).

Em meio a especulações sobre embriologia no Corpo Hipocrático, há a primeira referência a uma investigação sistemática sobre o crescimento do ovo de uma galinha no cap. 29 do *Da natureza da criança*. Vinte ovos foram incubados, e a cada dia um era aberto para que se observasse o embrião. É provável que nesta época já se empregasse o método da dissecação em animais.

### 3. Três Atitudes Epistemológicas na Medicina Antiga

A história da biologia e da medicina helênicas, centrada em Alexandria, sofre da falta de fontes primárias. Vários trabalhos importantes dos sécs. IV e III AEC só são conhecidos com algum detalhe devido a comentadores posteriores, especialmente Galeno. Os dois mais importantes biólogos foram Herófilo da Calcedônia (335-280 AEC) e Erasítrato de Quios (310-250 AEC), este discípulo de Estráton, que trabalharam em Alexandria na primeira metade do séc. III AEC. Eles foram os primeiros a praticar a *dissecação* do corpo humano, e é provável também que tenham feito *vivissecação* em humanos (ou seja, corte do corpo de pessoas vivas!).

Estes médicos apontavam as vantagens da vivissecação, argumentando que o benefício trazido superava o mal feito: “não é cruel, como a maioria diz, procurar remédios para as multidões de homens inocentes de todas as épocas futuras, por meio do sacrifício de um reduzido número de criminosos”. Posteriormente, em Roma, o médico Aulus Celsus viria a defender a dissecação praticada pelos helênicos, mas condenaria a vivissecação, argumentando que o conhecimento adquirido poderia ser obtido mais lentamente através de outros métodos, como a observação de feridos de guerra.

No período posterior, a dissecação do corpo humano decairia, mas há relatos de estudos de ossos de cadáveres em Alexandria ainda na época de Galeno. Fora de Alexandria, só a observação acidental de esqueletos permitia um exame da ossada humana.

O final do séc. III AEC viu a proliferação de seitas médicas, como os “dogmatistas”, os “empiristas” e, posteriormente, os “metodistas”. Os *dogmatistas*, que incluíam Herófilo e Erasítrato, argumentavam que a consideração de causas ocultas seria essencial para a prática médica, e que tal conhecimento só poderia ser obtido suplementando-se a experiência com raciocínio e conjectura. Os *empiristas* eram contra tais especulações: o invisível não poderia ser conhecido. Como o médico trata casos individuais, ele deveria assim evitar inferências,

guiando-se apenas pelos sintomas manifestos de cada paciente. Os *metodistas* buscavam uma via intermediária, postulando um método para identificar características comuns às diferentes doenças.

No campo da filosofia, tal debate colocou de um lado os peripatéticos (aristotélicos), estoicos e epicuristas, que defendiam a possibilidade do conhecimento das causas ocultas, e de outro as diferentes tendências do *ceticismo*, primeiramente com Pirro de Elis (c. 360-270 AEC). Os filósofos céticos negavam que houvesse um critério definitivo de aquisição de conhecimento.

#### 4. Medicina Romana

Os romanos tinham um espírito prático bastante acentuado, e suas maiores contribuições científicas foram na esfera prática, não teórica, tendo assimilado a herança teórica grega. Nas matérias biológicas, por exemplo, criaram a ciência aplicada da Agronomia. O mais importante autor biológico romano foi Plínio, o Velho (23 AEC - 79 EC), que escreveu a *História Natural* em 37 volumes, muitos dos quais dedicados a animais. Muitos dos seus relatos, porém, eram fantasiosos, pois baseavam-se em antigos relatos. Suas descrições anatômicas tinham caráter enciclopédico, coletando fatos sem intenção teórica específica. Ao lado de Aristóteles, foi o autor mais influente no Renascimento das ciências biológicas, no séc. XVI.

A medicina romana demorou para aceitar a tradição grega, trazida por médicos como Asclepiades de Bitínia (c. 124-40 AEC), que foi o primeiro médico grego bem-sucedido em Roma. Tendo vindo de Alexandria, rejeitava a teoria dos quatro humores de Hipócrates. Era atomista, teorizando que as doenças eram causadas pela obstrução ou liberação excessiva dos fluidos no corpo (fluidos estes concebidos como feitos de átomos). Os médicos atomistas valorizavam os banhos para desobstruir os poros, e receitavam adstringentes quando fosse necessário fechá-los. Introduziu a prática da traqueotomia (incisão na traqueia) para tratar a difteria, e métodos mais humanos para tratar os doentes mentais. Seu trabalho influenciaria a escola metodista, fundada por Temisão.

Outro grande enciclopedista romano (ao lado de Plínio) foi o já mencionado Celsus (c. 25 AEC - 50 EC), mas apenas sua obra sobre medicina, *De res medica*, sobreviveu.<sup>29</sup> Destacava o tratamento de feridas – indicando os quatro pontos cardeais da inflamação: rubor, calor, dolor (dor) e tumor (inchaço) – e também o de fraturas. Sorano de Éfeso (98-138 EC) é considerado o pai da obstetrícia e da ginecologia, vindo a Roma de Alexandria e também fazendo parte da escola metodista. Dioscórides (c. 40-90 EC) era o principal cirurgião militar no reinado de Nero, e tornou-se referência na farmacologia até o Renascimento. Sua obra principal foi a *Matéria médica*, que descrevia mais de 600 plantas medicinais. A saúde pública e o saneamento básico progrediram muito durante o Império Romano.<sup>30</sup>

<sup>29</sup> CELSUS, A.C. (1935), *On medicine*, trad. W.G. Spencer, Loeb Classical Library, Londres (original em latim: c. 30 EC), disponível na internet. Em classe selecionamos trechos do “Proêmio” que trata das escolas de medicina.

<sup>30</sup> Esta seção se baseou até aqui em NORDENSKIOLD (1949), op.cit. (nota 5), cap. VII. A parte médica romana é bem explorada em MARGOTTA, R. (1998), *História ilustrada da medicina*, Manole, São Paulo, pp. 32-43 (original em italiano: 1967). Ver também REBOLLO, Regina A. (2006), “O legado hipocrático e sua fortuna no período greco-romano: de Cós a Galeno”, *Scientiae Studia* 4(1): 45-82.

## 5. Medicina em Galeno

O maior médico romano seria Galeno de Pérgamo (129 - c. 200 EC). Estudou medicina em diferentes centros, inclusive Alexandria, e tornou-se médico oficial dos gladiadores. Em Roma, tornou-se conhecido por suas aulas públicas, tornando-se médico da família imperial.

Deixou uma vasta obra em biologia e medicina, escrevendo também sobre filosofia e filologia. Defendeu o ensino de filosofia para médicos por três razões: (i) o doutor precisa ser treinado no *método científico*, para poder argumentar corretamente (mas nem tanto para saber avaliar evidência); (ii) o médico precisa *estudar a natureza*, ou como diríamos hoje, precisa conhecer teoria biológica; (iii) o doutor deve aprender a *desprezar o dinheiro!*

A fisiologia de Galeno partia da distinção tradicional entre quatro elementos (terra, água, ar, fogo) e quatro qualidades primárias (quente, frio, seco, úmido). Seguindo Platão, identificou três faculdades da alma: a racional (ligada ao cérebro, centro do sistema nervoso), a animal ou espiritual (ligada ao coração, a fonte das artérias) e a nutritiva (ligada ao fígado, fonte das veias). Esse esquema fisiológico seria herdado pela medicina medieval e árabe.

Não tendo acesso a cadáveres humanos para dissecação, baseava suas conclusões nos corpos de animais. Em animais vivos, fez incisões em torno de diferentes vértebras para determinar que partes e funções eram afetadas. Seguiu a tradição de Hipócrates, estudou Erasístrato, e se inspirou nos ensinamentos de Aristóteles. Sua vasta obra anatômica se baseou na dissecação de macacos, o que o levou a alguns erros significativos.

Erasístrato havia seguido a recomendação de Aristóteles de estrangular o animal antes de fazer uma dissecação, e com isso concluíra que nas artérias havia apenas ar. Rejeitando este método de preparação, Galeno pôde mostrar que as artérias também contêm sangue. Distinguiu entre o sangue venoso, mais denso e escuro, e o sangue arterial, mais leve, vermelho brilhante e imbuído de um “espírito vital” que seria produzido no coração a partir do ar respirado.

A partir da vivisseção de animais, Galeno desenvolveu bastante a teoria da digestão, introduzindo outros elementos na visão exclusivamente mecanicista de Erasístrato. Destacou que na nutrição o alimento é inicialmente emulsionado em um “quilo”, para depois ser digerido (“*pepsis*”) e finalmente absorvido.

Segundo Galeno, o fígado geraria o sangue a partir da alimentação proveniente do estômago e dos intestinos, e o sangue nutriria o resto do corpo. Do fígado, o sangue iria pela veia cava (VC) para o ventrículo direito (RV) do coração, de lá nutriria os pulmões e iria para o resto do corpo, impedido de retornar ao coração por causa de válvulas. Galeno supôs que a função da respiração era o de esfriar o sangue e o coração, sendo que o ar iria até o coração através veia pulmonar.

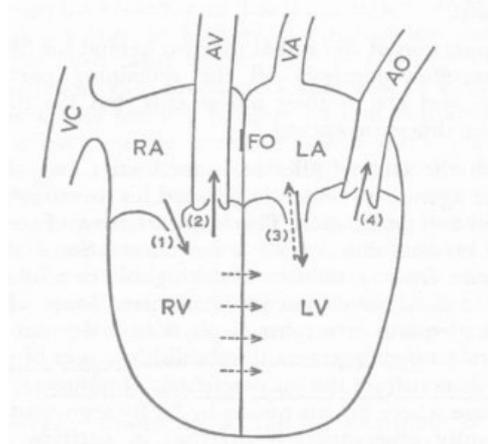


Figura VI.1: Esquema representando o escoamento de sangue no coração, segundo Galeno. Nota-se que ele acreditava que sangue passa diretamente do ventrículo direito (RV) para o esquerdo (LV), e que ele reflui pela válvula mitral (3).<sup>31</sup>

<sup>31</sup> Sobre Galeno, incluindo a Fig. VI.1, consultamos LLOYD (1973), op.cit. (nota 27), pp. 75-90.

Seu erro mais famoso foi a conclusão de que no coração o sangue pode passar diretamente do ventrículo direito (“RV”) para o esquerdo, através da parede muscular que separa estas duas cavidades (Fig. VI.1). Chegou a esta conclusão por perceber que a válvula tricúspide (por onde o sangue entra no ventrículo direito, “1” na figura) era maior do que a válvula pulmonar (“2” na figura), e por imaginar que capilares (como os que Erasístrato inferiu para a ligação entre artérias e veias) estariam presentes no septo (parede) interventricular. Assim, o sangue acabaria refluindo pela válvula mitral (“3”). Em seu raciocínio, utilizou também o princípio de que *a natureza não faz nada sem um motivo*.

## 6. Galeno e o Método das Analogias

Ao estudarmos a ênfase de Aristóteles na indução enumerativa e na abdução (seção III.3), mencionamos o método das analogias como importante estratégia abdutiva para ampliar o conhecimento e formular hipóteses a serem posteriormente testadas. A tradição de reflexão sobre o uso das analogias foi marcada por Galeno, que valorizava a importância de se dissecar macacos para entender a anatomia e o funcionamento do corpo humano. Um exemplo de uma inferência por analogia é a seguinte:<sup>32</sup>

Agora, de todos os seres vivos, o macaco é o mais parecido com o homem, tanto com relação às vísceras, músculos, artérias, veias e nervos, quanto à forma dos ossos. A partir da natureza destes, ele caminha sobre duas pernas e usa os membros anteriores como mãos, e possuem o esterno mais achatado de todos os quadrúpedes, e clavículas semelhantes às do homem, e uma face redonda com pescoço estreito. [219]

Se você não tiver a sorte de ver algo desse tipo [cadáveres humanos expostos], disseque um macaco e, após remover sua carne, observe seus ossos com cuidado. Escolha aqueles macacos mais parecidos com o homem, com mandíbulas curtas e caninos pequenos. [222]

Todas essas veias que você vê no homem sem dissecação, você verá em macacos durante a dissecação. Claramente, então, esses animais são semelhantes aos homens com relação às veias profundas. [384] (GALENO, 177 EC)

Seguindo Galeno, nota-se que os macacos de mandíbula curta (como o macaco-rhesus) são semelhantes aos humanos com relação à face redonda, caninos pequenos, caminhar sobre as pernas traseiras, veias aparentes, etc. Assim, infere-se que eles são semelhantes quanto às partes profundas, invisíveis em humanos, como as veias profundas. Este é um exemplo de inferência por analogia.

A reflexão sobre o método da indução e da analogia é uma tradição na área clássica da lógica que passa por Avicena e vai até o séc. XIX.<sup>33</sup> A analogia é uma inferência da semelhança parcial de duas (ou mais) coisas para sua semelhança completa e total. A seguinte citação de Wilhelm Krug resume bem a concepção adotada por esta tradição de lógica não simbólica:

<sup>32</sup> Trechos do *De anatomicis administrationibus (Sobre procedimentos anatômicos)*, escrito no ano 177 EC. Tradução a partir de GALEN (1956), *On anatomical procedures*, trad. e notas de C.S. Singer, Oxford University Press. A numeração são as páginas da edição de Kühn (1821). Há mais trechos traduzidos como leitura optativa em nosso curso, “Da analogia entre macacos e humanos”.

<sup>33</sup> Essa tradição na lógica partiria de Avicena (Ibn-Sīnā, “A ciência da lógica em versos”, c. 1025), passando por Pedro Juan Nuñez (1554), Giacomo Zabarella (1578), Étienne de Condillac (1775, *L’art de raisonner*, livro VI, cap. 3, “De l’analogie”), e toda uma linhagem de língua alemã, com Christian Wolff (1728), Johann Peter Reusch (1734), Wilhelm T. Krug (1806) e Wilhelm Esser (1830), de quem Hamilton retira sua exposição. HAMILTON, W. (1860), *Lectures on logic*, vol. II, eds. H.L. Mansel & J. Veitch, Blackwood, Edinburgh (orig. 1838). KRUG, W.T. (1806), *System der theoretischen Philosophie: Denklehre oder Logik*, vol. 1, Goebbels und Unzer, Königsberg. ESSER, W. (1830), *System der Logik*, 2ª ed., Theissing, Münster.

O Analógico se distingue do Indutivo no seguinte: a indução considera um único predicado em muitos objetos, como o atributo  $z$  em  $A$ , em  $B$ , em  $C$ , em  $D$ , em  $E$ , em  $F$  etc; e como esses muitos pertencem a uma classe, digamos  $Q$ , infere-se que  $z$  também se encontrará em todas as outras coisas pertencentes a esta classe, ou seja, em todos os  $Q$ s. Por outro lado, a Analogia considera muitos atributos em um objeto (digamos  $m, n, o, p$  em  $A$ ); e como esses muitos são encontrados em parte em outro objeto (digamos  $m$  e  $n$  em  $B$ ), conclui-se que, nesta segunda coisa, também serão encontrados os outros atributos (digamos  $o$  e  $p$ ). Por meio da Indução, buscamos portanto provar que um traço pertence (ou não pertence) a todas as coisas de uma certa classe, porque ela pertence (ou não pertence) a muitas coisas daquela classe. Por meio da Analogia, por outro lado, buscamos provar que todos os traços de uma coisa pertencem (ou não pertencem) a outra ou a muitas outras, porque muitos desses traços pertencem a esta outra ou a estas outras. Em um proclama-se: *Um em muitos, portanto um em todos*. No outro proclama-se: *Muitos em um, portanto todos em um*. [KRUG, 1806, § 168, apud HAMILTON, 1860, pp. 172-73]

Podemos exprimir essas duas inferências ampliativas e falíveis por meio da Fig. VI.2. Na horizontal exprime-se a indução enumerativa, ao inferir que um objeto adicional  $X$  da classe  $Q$  tem também a propriedade  $z$ . Na vertical representa-se a analogia, ao inferir-se que um predicado adicional  $p$  do primeiro objeto ocorre também no segundo objeto.

Wilhelm Esser considerou que uma indução “é mais certa, 1º, na proporção ao número e diversidade dos objetos observados; 2º, na proporção da precisão com que a observação e comparação foram conduzidas; 3º, na proporção em que a concordância dos objetos é clara e precisa; e, 4º, na proporção em que ela tenha sido minuciosamente explorada, e se há ou não exceções.” E a analogia “é certa em proporção, 1º, ao número de observações congruentes; 2º, ao número de traços congruentes observados; 3º, à importância desses traços e sua essencialidade para os objetos; e 4º, à certeza de que os traços realmente pertencem aos objetos, e de que existe uma correspondência parcial” (ESSER, 1830, § 152, apud HAMILTON, 1860, pp. 170, 172).

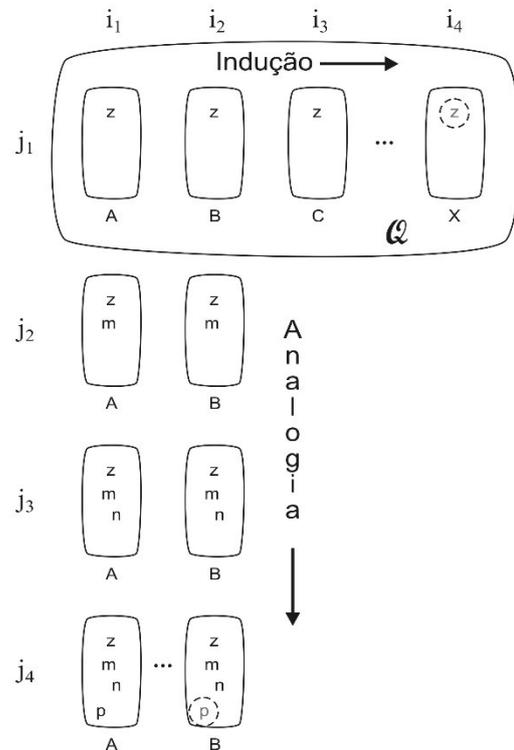


Figura VI.2. Esquema das teorias clássicas da indução enumerativa e da analogia.