

CIÊNCIA GREGA

LUIZ CARLOS ROQUE DA SILVA

(Palestra pronunciada no Anfiteatro do Departamento de História da Faculdade de Filosofia Ciência e Letras da U.S.P., a 5/4/1973, no curso de extensão universitária, intitulado História da Ciência e Perspectiva Científica).

1) Uma Visão do Conjunto

Os Primórdios e a Filosofia Jônica

O solo da Grécia foi primitivamente habitado por egeus e cretenses (minóicos). A partir do século XX A.C. e durante o segundo milênio, povos indo-europeus, em sucessivas hordas invasoras, vêm impor-se a estas populações. São jônicos, aqueus, eólios e dóricos. Ao findar a idade do bronze, estes povos já se haviam estabelecidos no território grego.

Os jônicos foram os primeiros a chegar (cerca de 1950) e se fixaram na Ática. Nos princípios do primeiro milênio, fatores vários, em que se destacam as dificuldades de sobrevivência na Grécia continental, levaram os jônicos do continente a fundar grande número de colônias no litoral da Ásia Menor, quando estas já não existissem primitivamente: Mileto, Samos, Lesbos, Lemnos, Cós, Samotrácia, Naxos, Patmo, Milo e tantas outras. É nestas colônias que vão aparecer as primeiras especulações importantes da filosofia grega. Nessas ilhas é que surgem os primeiros pensadores que procurarão esboçar sistemas coerentes e completos para a explicação do universo.

Esta fertilidade filosófica da Ásia Menor helênica surge nos meados do século VI e vai principalmente até os meados do seguinte. Tales, Anaximandro, Anaxímenes são de Mileto. Heráclito é de Éfeso. Anaxágoras e de Clásones, Pitágoras é de Samos e Demócrito, de Abdera. Nos fins do século V, as *polis* do litoral asiático são invadidas pelos persas, Mileto é destruída. Nota-se, então, uma intensificação da colonização rumo ao ocidente, para o sul da Itália: Cólouon, Eléia, Agrigento, Crotona, Tarento, Siracusa, etc. E aí vão surgir Xenófanes e Parmênides (e, mais tarde os parmenideanos Melissus e Zenão), em Eléia e Empédocles, em Agrigento.

A filosofia jônica é voltada para a natureza. Permeada de grande objetividade, podemos dizer que, pela primeira vez, o homem procura explicações da natureza dentro da própria natureza. O pensamento abstrato tem pequena guarida entre estes filósofos. Procura-se, principalmente, a *ffsis*, matéria primeira e origem de todas as coisas e discute-se a inteligibilidade do universo em termos de movimento e imobilismo, do racional e do sensorial. Como *ffsis* vão surgir, conforme o pensador, a água, o ar, o indeterminado, o fogo, os 4 elementos, o número, o átomo. O movimento, para alguns, é ilusório e para outros, essencial. O racional, para uns, emana do sensorial e, para outros, se lhe opõe. Se o Deus grego paira atrás de todas as coisas (exceto, talvez, para os atomistas), a verdade é que estas coisas se fazem a si próprias. Isto é novo na história do pensamento e constitui a importante contribuição grega. Se é verdade que todos os povos sempre tiveram concepções sobre a natureza e a formação de mundo, jamais este mundo e esta natureza se revelaram tão claramente auto-suficientes como no cérebro dos jônicos.

Nesse sentido também é que os gregos podem ser considerados como criadores da Ciência, ou, pelo menos, transmissores à posteridade de sistemas e métodos de conhecimento que mais se aproximam do que, modernamente, concebemos como ciência. Em compensação, do ponto de vista da técnica, ou seja, da ciência aplicada ao domínio da natureza, os gregos seriam bem poucos fecundos (durante o período clássico), o que levou Jean Pierre Vernant (*Mythe et Pensée chez les Grecs*) a afirmar, com certo exagero: *É impossível estabelecer uma ligação direta entre pensamento racional e desenvolvimento técnico. No plano da técnica, a Grécia não inventou nada. Não inovou nada. Tributária do Oriente nesse ponto, ela realmente jamais o ultrapassou. E o Oriente, a despeito de sua inteligência técnica, não pôde desta-*

car-se do mito e construir uma filosofia racional.

Essa preocupação pelo universo engendrou o tradicional conceito do filósofo (amigo do saber, termo atribuído aos pitagóricos) como um homem desligado dos interesses rotineiros. Anaxágoras aponta o céu para dizer eis minha pátria, Tales provoca o riso de sua criada porque, observando o firmamento, cai dentro de um poço.

A Nova Orientação

O século VI A.C. encerra o período da Grécia arcaica e inicia o da Grécia clássica. O século V, chamado *de Péricles*, se inicia com um avanço frustrado dos persas sobre a Grécia continental e, destas guerras médicas (490 e 480/79), Atenas, jônica e democrática, sai fortalecida, em detrimento de Esparta, dórica e aristocrática. A rivalidade entre as duas cidades vai aguçar-se e polarizar o mundo grego, culminando nas guerras do Peloponeso que, com longos intervalos, se estendem de 431 a 404, terminando pela vitória efêmera dos lacedemônios.

A partir dos meados do século V, a tendência da filosofia grega vai mudar rapidamente de curso. Com Sócrates de Atenas (470-399), ela se afasta das especulações sobre a natureza e concentra-se no ser humano, na moral, no psíquico. Torna-se importante, mais do que nunca, definir a virtude (arete), como agir segundo ela, como transmiti-la e em que medida pode ser ensinada. O Bem, o Belo, o Justo passam a ser as preocupações dominantes da filosofia. Para Sócrates, a astronomia era perda de tempo e a matemática só tinha interesse como um instrumento na resolução de problemas corriqueiros, alheios à filosofia. *Conhece-te a ti mesmo* era a inscrição do oráculo de Delfos que Sócrates transformou no lema de sua vida. Porém mesmo a validade deste conhecimento tem limites nebulosos, quando ele proclama: *Só sei que nada sei.* Uma tradição diz que Sócrates acreditou quando o oráculo lhe afirmou que era o mais sábio dos homens, porque ele era o único que sabia... que nada sabia.

Conhecido somente pelos escritos de seus discípulos, Sócrates

foi o centro de onde derivaram várias linhas de pensamento: Platão, Antístenes, Xenofonte, Alcebíades, etc. O auto-conhecimento não era uma idéia nova e já preocupava os gregos desde Heráclito. Em particular, ele se liga a uma das mais importantes características do pensamento helênico, que é a procura do equilíbrio, a fuga ao excesso, à desmesura (conhece-te a ti mesmo = põe-te no teu lugar, não exorbites). Também a idéia da virtude é tão importante quanto antiga, embora variando o seu conceito conforme a época e as condições. O que cumpre salientar, porém, é que, em Sócrates, estes aspectos assumem um grau tão predominante que esterilizam e deitam por terra todo o estudo naturalista que o precedeu.

Nesse sentido, é uma *mudança de navegação*, conforme Caração (em conceitos Fundamentais da Matemática). No *Fedon* de Platão, conta Sócrates que ouvira alguém lendo, segundo disse, de um livro de Anaxágoras, *que o Espírito foi o ordenador e a causa de tudo e esta noção me agradou e pareceu-me profundamente admirável* (Phaedo, 97, Great Brooks). Mais adiante, porém, diz ele que se decepciona porque *conforme eu prosseguia, descobria meu filósofo abandonando inteiramente o Espírito ou qualquer outro princípio de ordem, para recorrer ao ar, ao éter, à água e outras excentricidades* (Idem, 98). E assim, vai concluir Sócrates pouco além que viu a necessidade de passar a uma segunda forma de pesquisa (que ele passa a descrever, enquanto aguarda a morte).

Mas há um outro aspecto importante para os novos rumos da filosofia grega: a procura do conhecimento pela razão pura, os sentidos como instrumentos ineptos da procura da verdade. Tal modelo vem desde Parmênides, desenvolve-se com Sócrates e atinge o auge em Platão. As idéias estarão tanto mais próximas da verdade quanto menos contaminadas pela contribuição enganadora dos sentidos: *E atinge o mais puro conhecimento delas quem vai para cada uma com o Espírito somente, não introduzindo ou impingindo no ato do pensamento, a vista ou qualquer outro sentido junto à razão, mas, com a pura luz da mente em sua própria clareza, pesquisa a grande verdade de cada uma: aquele que se libertou, na medida do possível, dos olhos e dos ouvidos e, digamos, do corpo todo, sendo estes, na sua opinião, elementos de distração que, quando contaminam a alma, afastam-se da verdade e do conhecimento – quem, senão esse, tem a probabilidade de alcançar o conhecimento verdadeira essência?* (Idem, 65 e 66).✕

Esta concepção se inter-relaciona com outra: o mundo sensível

não é passível de conhecimento, por viver em transformações constantes. Existe, então, um mundo de idéias puras, que, por serem eternas, são cognoscíveis. Eis, pois, o mundo real: só as idéias é que têm existência real. A esta oposição parmenideana entre o sensível e o inteligível, Platão junta a contribuição pitagórica do número e da forma, em que o primeiro se subordina à segunda e só existe em função dela. As formas ideais, mentais, são reais e só elas o são porque guardam sua identidade permanente. Não há triângulos, pois todos os que conhecemos pelos sentidos são imperfeitos. Há a idéia (eterna e imutável) do triângulo, bem como a do círculo, da esfera, do bem, da justiça etc.

Não há necessidade de observar que, dentro desta linha de raciocínio, as mudanças do mundo são ilusórias, pois que *na realidade* ele é, desde sua criação por Deus, o mesmo e imutável.

Já Aristóteles, como discípulo de Platão, é bastante rebelde. Acha o mundo sensível, o mundo da opinião, passível de conhecimento e, utilizando os sentidos, foi um grande observador da natureza. Escreveu sobre todos os ramos do conhecimento humano e é o mais poderoso pensador da antiguidade. Mas também nele encontramos os seguintes traços essenciais: um mundo pronto e, em sua essência, imutável desde o princípio (hierarquizado tanto biológica como socialmente); a perfeição da forma; a esfera e o movimento circular uniforme como representantes dessa perfeição; a permanência das idéias.

É bom que se diga que a procura da imanência e do substancialismo nas coisas passa a ser uma preocupação de todos os ramos do pensamento grego, até mesmo na História.

Aristóteles, que substituiu a Academia de Platão pelo Liceu, é sucedido na direção deste por Teofrasto, com quem se encerra a linha de pensamento mais importante da Atenas clássica.

A Ciência Helenística

Vencedor de atenienses e tebanos em Queroneia (338 A.C.), Felipe da Macedônia unifica e submete a Grécia. É o fim do período clássico

e início do período helenístico. Seu filho, Alexandre Magno, empreende, como se sabe, a conquista do Oriente, vencendo os persas de Dario III no Granico, em Isso e em Arbelas. Entre estas duas últimas batalhas, conquista o Egito e funda a cidade de Alexandria, em 332. Com a morte de Alexandre, em 323, seu vasto império é dividido entre seus generais e o Egito cabe a Ptolomeu que, após Ipsos, em 301, fica também com a Síria. Feito rei do Egito, com analogias faraônicas, Ptolomeu I Soter estabelece-se em Alexandria e dá grande incentivo à cultura. O mesmo vai ocorrer com seu filho, Ptolomeu II Filadelfo. É fundado o Museu, como que um sucessor da Academia e do Liceu e para a sua direção é chamado o último diretor deste, o sucessor de Teofrasto, Stráton de Lámpsaco.

Em Alexandria, à sombra do Museu, reúnem-se os maiores intelectuais da época, os quais, em grande parte, são ali sustentados pela monarquia. A ciência que ali se desenvolve não é absolutamente mera continuação da Grécia clássica. Poderíamos dizer que é mais especializada e objetiva. O reencontro da cultura ocidental com a oriental não deixa de enfraquecer, em grande parte, o antigo desprezo grego pela verificação sensorial e Alexandria vai apresentar cientistas práticos, como entre outros, Ctesíbio, Eratóstenes, Arquimedes. O próprio Bento de Jesus Caraça, em seu excelente *Conceitos Fundamentais da Matemática* não chega a perceber esse importante fato: que a ciência helenística, a qual inclui Alexandria e núcleos satélites, como Pérgamo, Rodes, Antióquia, Esmirna, Éfeso, não pode ser enquadrada na linearidade do pensamento que vai do século - V a +XV (esta linearidade também sujeita a algumas importantes variações).

Mas aos poucos a ciência alexandrina vai entrando em decadência, culminando no 3.^o século após a conquista romana.

II) Uma Explicação Sócio-Econômica

Para o Fenômeno Grego

Os povos do Oriente desenvolveram, em determinados aspectos

tos, técnicas bastantes aprimoradas: na arquitetura (vejam-se as pirâmides), na cirurgia (trepanação), na bioquímica (mumificação), na agricultura (irrigação, plantio), na criação, na guerra (armas, arremos), na construção de navios, na tecedura, etc. Mas a característica desta técnica nas monarquias divinizadas do Oriente era estar nas mãos de um número reduzido de artesãos especialistas, que a transmitiam hereditariamente ou em seu círculo restrito. Este fato contribuía, por um lado para limitar a sua aplicação e, por outro, para limitar o seu aperfeiçoamento. O oriente conheceu também a ciência: geometria no Egito (para demarcar as terras, após as enchentes do Nilo, por razão tributária), Medicina no Egito (talvez como consequência do interesse anatômico despertado pelas mumificações), astronomia na Mesopotâmia (destacando-se, inclusive, o estudo dos eclipses pelos babilônios), matemática de assírios e babilônios (que chegaram, talvez antes dos indus, à expressão das raízes da equação de 29 grau). Entretanto, a ciência orientalse afasta muito do nosso conceito moderno, por ser, em geral, *uma ciência do particular*. Não tem caráter generalizante, demonstrativo ou dedutivo. Chegaram, por exemplo, a resolver equações do 39 grau para casos particulares. Isto limitava a ciência, que, assim, pouco se diferenciava da técnica e, muitas vezes, era o seu auxiliar menor.

X Os gregos sempre tiveram contacto com o Oriente. Já antes da chegada dos indo-europeus, a civilização cretense parecia ter sofrido, ao menos em sua arte, acentuada influência egípcia (veja-se o palácio de Cnossos, reconstituído por Arthur Evans). Pelo menos após o estabelecimento dos jônicos na Ásia Menor, esse contacto é, sabidamente, bastante grande. É evidente, pois, que os gregos ficam conhecendo a técnica e a ciência do oriente. Mas agora esta ciência vai passar por importantes transformações. É grande o papel do alfabeto e também da palavra. Mas por que a palavra adquiriu tal importância na Grécia?

Porque, nessas cidades, que viviam do mar, desenvolveu-se uma burguesia mercantil, em oposição à tradicional aristocracia da terra. Seu tipo de atividade e sua luta contra uma estrutura reacionária, levou-a a tipos de governo de grande participação popular (cidadãos livres), cujo protótipo se cristalizava na Atenas do final do 7º século: a Democracia. Nela, a palavra tinha um papel primordial. Na boulê e, principalmente, na Eclésia, os homens

podiam ser guindados aos mais altos postos, como também perder a vida, segundo o poder de sua palavra. Os dotes oratórios de Péricles foram importantes para que se elegeisse estrategista 7 vezes.

O hábito de argumentar, a necessidade de persuadir, vai influir na filosofia grega e, em consequência, na sua ciência, que se torna racional, dedutiva e generalizante, aproximando-se do nosso conceito moderno. Todavia, um outro fator ainda contribuiu para a democratização das sociedades no primeiro milênio: a descoberta do ferro. Os hititas guarneciam as rotas que passavam pelas regiões ferríferas da Capadócia e do Taurus e parece que, por si ou em contacto com povos vassallos, deram início às primeiras técnicas da manipulação do ferro. Entretanto, parece que a sua metalurgia e o aço a que se chegou pouco a pouco foram avançados por aqueus e dórios. O fato é que, a partir do século VIII, as rebeliões se tornavam mais fáceis, visto que o ferro era mais difundido que o cobre e sua técnica mais acessível, prescindindo dos altos recursos dos monarcas da idade do bronze.

Entendido como os gregos desenvolveram a ciência cabe a pergunta: por que esta ciência inicial, entre os jônicos, foi naturalista? Mercadores ousados, os gregos tinham, em primeiro lugar, uma vivência dupla, em terra e no mar, uma visão mais globalizante do mundo, que convidava a uma filosofia da natureza. Em segundo lugar, compreender a natureza lhes era importante, pela própria sobrevivência, já que de tal forma se expunham. Isto porém, deveria conduzir ao corolário da técnica, mas tal não ocorreu, pelo menos em escala apreciável.

Pelo contrário, o que parece ter ocorrido foi o caminho inverso: os jônicos tiveram técnica avançada (e, anteriormente, aqueus e dórios), como destacam tanto Gordon Childe como B. Farrington. Segundo este, a técnica jônica é uma justificativa para a sua filosofia da natureza. Mas, a partir do século V, os gregos não mais imprimiram à técnica qualquer desenvolvimento, exceto, em certa medida, na Alexandria helenística. Aquilo que herdaram do seu passado e do oriente estagnou. A que devemos isso?

Em primeiro lugar, ao ascenso do escravagismo, que, a partir do século V, passa a difundir-se largamente e se constituirá no apanágio do sistema econômico greco-romano. Se é reconhecida a existência de escravos

no oriente asiático, o escravismo não era, porém, o sustentáculo da economia. O chamado sistema asiático de produção alicerçava-se na mobilização de grandes massas *livres*, em grandes multidões (coagidas, em maior ou menor grau) a serviço de uma monarquia divinizada. Poder-se-á dizer, talvez, que todo o povo era escravo, mas o fato é que tal escravagismo não tinha as características que assumiu entre os gregos do século V: o escravo como objeto ou animal, transacionado como propriedade. É surpreendente notar que a democracia ateniense e suas aliadas dedicaram-se fundamentalmente ao comércio escravista e são as responsáveis pelo grande afluxo de escravos à Grécia, tornando a mão de obra muito barata. Ora, num tal panorama, não há desenvolvimento técnico, por falta de incentivo.

Em segundo lugar, é preciso registrar-se que, após os primeiros golpes dos tiranos e dos legisladores democratas, a aristocracia reagiu e as guerras do Peloponeso vão debilitar definitivamente a democracia grega que os aristocratas ajudam a desmoralizar. Isto também contribuirá para a estagnação da técnica.

Tal situação geral desenvolverá no mundo grego uma outra peculiaridade: *o desprezo pelo trabalho manual*. Vejamos: ... *os cidadãos não devem desempenhar as artes mecânicas nem as profissões do comércio; pois este tipo de existência tem algo de vil, e é contrário à virtude. É necessário, até, a fim de que sejam realmente cidadãos, que eles não se tornem lavradores; pois o descanso lhes é preciso para fazer nascer a virtude em sua alma e para exercer os deveres cívicos.* (Aristóteles — A Política, IV, VIII, 2 — trad., Hemus, S. Paulo, 1966).

Não é necessário, portanto, que o homem de bem, homem de Estado, ou o bom cidadão aprendam tais espécies de labor que apenas são convenientes àqueles destinados a obedecer — a menos que se utilizem deles por vezes para a sua utilidade pessoal. Por outro lado, alguns deixam de ser senhores e outros deixam de ser servos. (Idem, III, II, 9).

Vemos que o aristocrata helênico criou para si um status em que apenas não era desairoso, pensar, julgar, polemizar e lutar.

Podemos, então, resumir o seguinte: o ascenso do escravagis-

mo, a reação aristocrata e o decorrente desprezo pelo artífice acarretam: a) estacionamento da técnica — b) desenvolvimento de uma ciência teórica, especulativa, sem recurso à experiência — c) mudança de orientação da filosofia grega, da natureza para o homem, a partir de certa época.

Lider incontestemente após as guerras médicas, a democracia ateniense não vê formas de resolução dos seus problemas internos, a não ser explorando suas aliadas e lançando-se a novas aventuras guerreiras. À desmoralização que isto acarreta, somam-se os interesses dos aristocratas (que, a rigor, jamais perderam o poder em Atenas) e a Guerra do Peloponeso, vencida pela Esparta oligárquica com o auxílio persa. Como fenix incansável, a democracia tentará ainda reviver mil vezes na Grécia, em Atenas, Tebas, Corinto, e outras cidades, mas nada consegue além de um múltiplo entrechoque, obstinado e suicida, à espera de um homem forte salvador. É justamente quando esse longo processo tem início, nos meados do 5º século, que a filosofia grega empreende a sua mudança de navegação. Os novos filósofos, Platão, Aristóteles, Xenofonte, Antístenes etc. serão, compreensivelmente, simpáticos ao baluarte espartano, da aristocracia. Embora este e outros grupos provenham de Sócrates, não podemos, porém, comprometê-lo diretamente com a oligarquia.

Em linhas gerais, a filosofia se regerá doravante por: a) preocupação com o homem — b) mundo acabado, concepções estáticas — c) degradação dos sentidos — d) idéias abstratas de beleza — e) a forma acima do número — f) negação do vácuo. Não é difícil vislumbrar, por trás deste mundo perfeito, acabado desde o início (em que todo movimento é opinião ilusória), uma estrutura de camadas sociais inamovível.

Naturalmente, a toda apreciação geral fogem particularidades. A linha que vai de Aristóteles a Teofrasto e a Estráton de Lámpsaco apresenta filósofos bastante observadores, os dois primeiros no campo da Biologia e o último, na Física e Química. O fato de ter sido Estráton quem vai chefiar o Museu de Alexandria contribui também para o tipo de ciência que aí se desenvolverá.

A Decadência da Grécia Continental

Com Antístenes (séc. V) surgem os cínicos, cujo maior expoente é Diógenes. Eles põem em dúvida o valor e a utilidade do conhecimento da natureza. Com Pirron, no séc. IV e os céuticos, põe-se em dúvida a própria possibilidade do conhecimento, além das aparências. Epicuro de Samos (séc. IV) é o continuador do atomismo. Esta doutrina, potencialmente tão rica, ficou amesquinhada: pelo atraso científico da época e por sua limitação mecanicista. Zenon de Cício (séc. IV) desenvolveu as influências místico-científicas do oriente que redundou no estoicismo. Vendo a ciência por um prisma de forças vagas, que movem o mundo sob a ação de um sopro (pneuma), o qual desce desde os céus, o estoicismo é carregado de subjetividade. Estas linhas de pensamento vão bombardear o racionalismo grego, a partir do século IV, mas é do século III em diante que seu impacto será maior.

Paralelamente, se desenvolve a ação dos sofistas, em Atenas. Fundamentalmente, eles ensinam o manejo da palavra, numa época em que ela reinava na democracia ateniense. Eram professores profissionais e, neste sentido, são muito atacados por Sócrates que, de resto, se aproxima bastante deles no tocante aos temas de discussão. Os sofistas surgem desde os primórdios do século V, sua corrente mais antiga estando voltada para uma retórica cultural, ligada a Homero. A escola moderna já ensinava em torno de uma retórica jurídica. Embora alguns sofistas tenham sido, inclusive, matemáticos (Hípias, Antífon), a maioria deles se volta fundamentalmente para o aspecto moral e aí se aproximam de Sócrates. Protágoras de Abdera proclama que *o homem é a medida de todas as coisas*. Górgias, por sua vez, é de tal niilismo que chega a afirmar que nada existe, mas se algo existisse não seria passível do nosso conhecimento. Assim é pois que, em linhas gerais, os sofistas se somam ao movimento que levava à bancarrota a ciência da Grécia continental.

Por Que Alexandria?

A pergunta não é muito fácil. Por que, quando a ciência agonizava em Atenas, viria a ressoar temporariamente no Egito, como diapasão

atrasado? Sabe-se que houve protecionismo oficial. Mas o messenato de Soter e Filadelfo é uma justificativa suficiente? Dever-se-ia à localização de Alexandria, junto ao mar, numa boca do Nilo e ao lado do lago Mareótis, localização essa que a transformava em importante cruzamento comercial? Ou à existência de grupos empresariais intermediários entre a coroa e os camponeses, de caráter capitalista e objetivo? Ou ainda à grande concentração urbana (Alexandria teria atingido um milhão de habitantes)? Ou às novas técnicas agrícolas? Ou à objetividade resultante da nova importância do exército, que inspirou certos estudos de engenharia? Ou à fusão das culturas do ocidente e do oriente?

O fato é que estes são aspectos comuns dos novos reinos helenísticos, onde Alexandria é apenas o farol principal. Ali brilharam as ciências e as artes. Mas se a literatura e a arte apresentam-se um tanto artificiais, o mesmo não se pode dizer quanto à ciência. Ela reuniu os cientistas de toda a Grécia.

Decadência Alexandrina

Já vimos que a união das culturas grega e oriental trouxe novos subsídios à ciência helenística, mas que, por outro lado, o oriente trazia também a face negativa da moeda, as tendências ocultistas. Sua influência já começara no continente, mas Alexandria está mais exposta. E a ciência alexandrina, ao mesmo tempo em que cresce, já vai sendo minada.

Começam a prevalecer a Astrologia, a Alquimia, as predições e os adivinhos, os ritos e os deuses mesopotâmicos avassalam Alexandria.

A partir de 31 A.C. após a batalha de Actium, vencidos Antônio e Cleópatra, Otávio conquistará o Egito. A formação cultural dos romanos fora bastante influenciada pelos etruscos, talvez entre os povos mais supersticiosos do passado. Pode-se dizer que a mentalidade romana não estava habituada ao raciocínio abstrato, embora viesse a destacar-se em campos que exigem observação e método, como os códigos jurídicos. No campo técnico terão, por certo contribuído, mas o tradicional preconceito contra o trabalhador manual provavelmente embaçou tal contribuição histórica. Quanto ao racionalismo científico, o que poderiam os romanos criar ficou prejudicado pe-

la própria conquista da Grécia já que, doravante, deixarão a ciência por conta dos gregos como, aliás, farão com a arte e a cultura em geral. Os intelectuais gregos são escravos professores levados a Roma. E a maior parte dos trabalhos romanos são no estilo grego e muitas vezes, escritos em grego.

Finalmente, que influência viria ter, pouco depois, o cristianismo crescente? É importante notar-se a diferença entre o conceito de conhecimento helênico e hebraico. Para o grego, o conhecimento (episteme) é o racional, o dedutivo, o silogístico. A constatação sensorial é instrumento inepto que, para muitos, é melhor descartar. Para a tradição judaica, porém, o conhecimento é o testemunho. É a vivência do fato, de que a Bíblia é fecunda em exemplos. Ora, esta forma de ver não aproxima os cristãos, continuadores do pensamento hebraico, da ciência grega (note-se, inclusive a visão de Deus para um e outro e como agem o Deus grego e o hebraico-cristão na formação do mundo). Por outro lado, após sua adoção oficial como religião do Império, é compreensível que os cristãos, por séculos vítimas do paganismo, tendessem a desconfiar de tudo o que deles proviesse, inclusive a sua ciência.

Mas desde a época de Bizâncio, alguns bispos tentaram a conciliação filosófico-religiosa. Platão foi usado em esquemas cristãos para o universo e alguns sábios cristãos como Tertuliano não revelaram grande prevenção contra a ciência pagã. Mas esta realmente vai desaparecer e, então, acontece o fato interessante: assim como todo o nosso conhecimento da Grécia Antiga veio através de Alexandria, onde se fez a cópia e, infelizmente, a seleção do que deveria passar para a posteridade, agora também os trabalhos elaborados em Alexandria não desaparecem, devido à cópia e às compilações que deles fazem os monges de certos conventos, sob a orientação de homens como Boécio e Cassiodoro.

No século V, Sto. Agostinho procurará conciliar o cristianismo e o platonismo. Conquistado o Egito pelos árabes em 741, o aristotelismo vai ser digerido pelos filósofos muçumanos e esta pressão se desloca para a Europa, via Espanha. No século XIII, S. Tomás de Aquino irá dar roupagem cristã a Aristóteles que, doravante, passará a ser, em muitos aspectos, autoridade incontestável dentro da Escolástica.

Passaremos, daqui para a frente, a estudar os vários aspectos da cultura grega científica, sob os seguintes itens: Filosofia jônica, Matemá-

tica, Astronomia, Física, História Natural e Medicina.

III) A Filosofia Jônica

Tales de Mileto (640 – 548) – Envolto em lendas como todos os sábios da época, Tales haveria enriquecido com o comércio de azeite. A ele também se atribuíram as primeiras verificações sobre manifestações elétricas, pelo atrito do âmbar (*elétron*) e um conhecido teorema da geometria, segundo o qual teria Tales ensinado os egípcios a calcular a altura das pirâmides.

Hoje, porém, se sabe que este teorema não é devido ao célebre milesiano. Outra tradição diz que, pelo contrário, Tales haveria aprendido o seu teorema com os egípcios, hábeis geômetras.

Para Tales, a físis era a água, que constituiria todo o existente. Aquecida, torna-se ar e este alimenta o fogo. A umidade é essencial à vida. Consta que o filósofo, em visita ao Egito, vira o humus deixado pelo Nilo ao fim de sua cheia e achou provir ele das águas. De qualquer forma, a concepção de Tales se enquadra na antiga e mítica idéia do oceano gerador: *A terra se assenta sobre a água. O universo é suportado pela água. O fogo do sol e dos astros, o mundo inteiro, são mantidos pelas exalações das águas.* (Taton, I, 2, pág. 14).

ANAXIMANDRO DE MILETO (610 – 547): Para ele, a físis era o apeiron, que podemos traduzir como indeterminado, indefinido, ilimitado, infinito, dos quais o primeiro parece ser a melhor versão. Como também significa qualquer, aventou-se a hipótese de que a sua físis pudesse ser *qualquer coisa* e, nesse caso, abrangeria a água de Tales. Cogitou-se que seria o próprio caos. Mas Teofrasto, que o comenta, não aceita essa versão e o apeiron seria, realmente, um indeterminado, a partir do qual as coisas se determinaram. *O apeiron tudo inclui e tudo governa.* Anaximandro é o primeiro a escrever em prosa. Projeta a luta dos tribunais na luta das coisas. A saída do apeiron seria uma separação de contrários, a partir de um todo: *Onde estiver a origem do que é, aí também deve estar o seu fim, segundo o decreto do destino. Porque as coisas têm de pagar umas às outras castigo e pena, conforme*

a sentença do tempo. (Jaeger, Paideia, pág. 186).

ANAXIMENES DE MILETO (séc. VI – V): Sua físis é o ar, o que corresponde a um retorno parcial a Tales, ignorando o trabalho de Anaximandro. Quando o ar se rarefaz, torna-se fogo, quando se condensa, em água e, ainda mais condensado, se faz pedra. Cita como exemplo o sopro: se soprarmos com a boca aberta, resulta o ar mais rarefeito e mais quente; mas quando reduzimos a abertura dos lábios, o ar, emitido sob maior pressão, sai mais concentrado e mais frio.

ANAXÁGORAS DE CLASÔMENES (500 – 428): Considera que existe de tudo em tudo, que cada corpo contém as partículas de todos os outros e suas propriedades dependem daquelas que venham a predominar. Quanto a tais partículas, Anaxágoras aceitou a existência das homeomerias (sementes) que seriam intransformáveis, porém, divisíveis ao infinito (Aristóteles também as aceitaria). Acreditava na ocorrência de um turbilhão, em cujo centro estaria a terra e, a partir de tal caos se teriam originado os corpos. Seu pensamento teve forte influência em Atenas, para onde se dirigiu, a convite de Péricles. O tirano o escutava rotineiramente e, a princípio, o próprio Sócrates, cujas críticas ao pensamento de Anaxágoras já citamos. Realmente, para este, existe um espírito ordenador cuja ação, todavia, é bastante limitada a uma fase inicial.

HERÁCLITO DE ÉFESO (576 – 480): as coisas estão em perpétua transformação, a mudança é o próprio móvel do mundo. Nada é, tudo vem a ser, tudo *devém*. *Tu não podes banhar-te duas vezes no mesmo rio, porque novas águas correm sobre ti.* Considerou-se que, para Heráclito, o fogo é a físis do mundo, mas neste caso, o fogo tem mais o sentido de *agente* das mudanças do que de *constituente* das coisas. Pode-se dizer, talvez, que o movimento é a físis do mundo. Nada permanece, tudo se transforma. Alguns referem que, para Heráclito, as trocas da natureza se dão pelo fogo, como as mercadorias por ouro. Temos aí uma projeção para a natureza da experiência humana do comércio. Coisa semelhante vimos em Anaximandro. Aliás, a filosofia de Heráclito oscila entre conceitos muito profundos e outros, ingenuamente primitivos, como na astronomia. Entretanto, pela clareza com que percebeu o papel dos opostos e da superação das contradições, é indiscutivelmente o precursor da Dialética moderna. Raciocínio pouco comum para o

espírito grego, que buscava o substancialismo, o permanente, Heráclito foi chamado o *obscuro*: *Só se une o que se opõe; é do diverso que brota a mais bela harmonia ... É mudando que repousa ... A vida e a morte, a vigília e o sono, a mocidade e a velhice são, no fundo, uma e a mesma coisa. Uma transforma-se na outra e esta volta a ser o que era primeiro. Se alguém me escutou, não a mim, mas ao meu logos, então sentirá que é sábio afirmar que todas as coisas são uma.* (Jaeger, Paideia).

XENÓFANES DE CÔLOFON (séc. VI – V): além da experiência, além do sensível, existe o Uno absoluto, que se confunde com o universo e com Deus. Daí, a imutabilidade do Cosmos, apesar da variação das aparências. *O universo não respira* é uma frase de Xenófanes que tem suscitado muitas interpretações. Sua concepção se aproxima da dualidade razão-opinião de Parmênides. Em certas críticas às idéias contemporâneas sobre os deuses e sua participação, Xenófanes é surpreendentemente moderno: *Atribuíram aos deuses todas as indignidades, roubos, adultérios e toda sorte de imposturas.* Acha que há um só deus, o qual não pode comparar-se aos mortais na forma e no espírito. Repousa, imóvel, em si mesmo. Não tem forma nem roupagens humanas. A cultura não é um dom concedido, mas são os homens que a adquirem, através dos seus esforços. Os fenômenos atribuídos à ação dos deuses provêm de causas naturais. O arco-íris é uma nuvem colorida. Mas, como ocorria muitas vezes, Xenófanes irá revelar-se ingênuo em sua astronomia.

PARMÊNIDES DE ELÉIA (séc. VI – V): com Parmênides, um dos mais poderosos pensadores jônicos, tem início a Escola de Eléia, que se oporá a Heráclito, por um lado e a Pitágoras, por outro. Parmênides se fundamenta em duas premissas: a) Existe a físis, ou seja, há um material único que constitui todas as coisas do universo. b) O nada não existe, *o não ser não é*. A partir destes postulados, através de seu Poema, ele conclui facilmente que o universo tem de ser homogêneo, contínuo, imutável, infinito no tempo, imóvel (para onde mover-se?). Parece que teria dito ser o mundo esférico, mas seu discípulo Melissos corrigiu para infinito no espaço, fechando corretamente o sistema. Mas os sentidos não nos revelam este mundo imutável. Vemos o ser provir do não ser e a ele retornar. Parmênides acha que a aceitarmos tal, renunciaremos a compreender o mundo. Distingue, então, dois tipos de conhecimento: o racional ou verdadeiro (episteme) e o da opinião (doxa). O conheci-

mento do tipo epistemológico não explica o movimento ou, mais genericamente, as transformações. A opinião o aceita. Parmênides é o primeiro a distinguir, com clareza brilhante, o inteligível do sensível. Sua argumentação é dirigida contra Heráclito e seguidores: o ser é, o não ser não é; o vir a ser não existe, nada devém; não há, pois, nascimento nem destruição. Refere-se a *multidões sem capacidade de julgamento, aos olhos de quem as coisas são e não são; as mesmas e não as mesmas; e vão em direção opostas*. Os problemas que Parmênides levanta atravessarão milênios e todas as doutrinas imobilistas passam, de uma forma ou de outra, por eles. São a velha oposição entre teoria e prática. No século seguinte, sua escola teria um campeão imbatível, que se lançaria contra os pitagóricos: Zenão de Eléia. A doutrina idealista e imobilista de Eléia tem sido vista como plataforma de lançamento para o platonismo e toda a filosofia da aristocracia grega, que procurava enxergar, através de um mundo imóvel, a lógica de sua perpetuação como classe.

EMPÉDOCLES DE AGRIGENTO (séc. V): Surge aqui a idéia de 4 *físis*, em lugar de uma: os 4 elementos água, ar, fogo e terra. Todas as coisas são formadas por estes 4 elementos, sendo as propriedades de cada corpo dadas pelos elementos que predominam. Os elementos são unidos pelo Amor e separados pelo Ódio. Em Empédocles, os 4 elementos talvez não fossem inter-transformáveis como, mais tarde, em Aristóteles. Este conceito de elemento permaneceria até os séculos XVII – XVIII D.C. e tem uma herança atual na expressão *os elementos da natureza*.

PITÁGORAS DE SAMOS (séc. VI – V): Fundado pela lendária figura de Pitágoras, não sabemos bem *desde quando* ou *até quando* o pitagorismo foi uma escola para iniciados ou para uma elite reduzida. Não sabemos se suas estreitas relações com o orfismo são dos primeiros ou dos últimos anos da escola ou se a acompanharam sempre, ao longo de suas vicissitudes e de sua glória. Desde cedo, a verdade é que os pitagóricos se voltaram para o número natural: relacionaram-no, classificaram-no, analisaram-no sob todas as formas, descobrindo nele sempre novas belezas e novos atrativos. A importância que atribuíram aos números, associada ao caráter místico da Escola, conduziu os pitagóricos a verem nos números mais do que uma criação da mente humana ou um ludismo inteligente: eles descobriam *forças* nos números, propriedades eficientes, ações sobre a vida, poderes proféticos. E chegaram a julgar que as coisas eram feitas de números, *os números eram a sua físis*. Caraça é de opinião que esta ousadia mística já corresponderia a uma fase

de decadência da escola, coincidindo com o seu fechamento, em torno dos iniciados em seus segredos.

Seja como for, os pitagóricos são os primeiros que, com suficiente clareza, colocam a importância do número: *Todas as coisas têm um número e nada se pode compreender sem ele* (Filolau). A História deve reconhecer nos pitagóricos os primeiros a vislumbrar a importância do quantitativo, futuro da ciência. Para a nossa concepção atual de conhecimentos científico, que quantitativa através do movimento, Pitágoras é um precursor à altura de um Heráclito. Os pitagóricos operavam com números discretos e, na verdade, eles tinham grande importância qualitativa (formas de figuras geométricas). Para relacionar um número a cada coisa, acreditaram na existência de mônadas, unidades mínimas constitutivas, de forma que cada coisa seria formada de um certo número inteiro de mônadas. A indefinição destas partículas impede que elas, como as homeomerias de Anaxágoras (ou de Aristóteles?) possam aproximar-se do átomo. Os pitagóricos também aceitaram um vazio entre as mônadas que, todavia, seria mais o ar do que o vácuo dos atomistas.

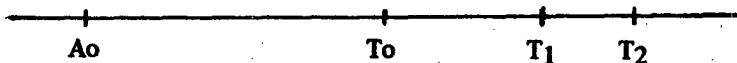
AS APORIAS DE ZENÃO: Com Zenão, os eleatas se dirigem principalmente contra os pitagóricos. Zenão se propõe demonstrar, por exemplo, que o veloz Aquiles não alcançaria uma pachorrenta tartaruga. Para facilidade de raciocínio, imaginemos que o guerreiro tem velocidade dupla da da tartaruga e que, no instante inicial, ocupam as posições respectivas A_0 e T_0 . Quando Aquiles se deslocou até T_0 , a tartaruga se moveu até T_1 , de modo que

$$T_0 T_1 = \frac{A_0 T_0}{2}$$

A seguir, enquanto Aquiles vai de T_0 a T_1 , a tartaruga vai de T_1 a T_2 , tal que

$$T_1 T_2 = \frac{T_0 T_1}{2} = \frac{A_0 T_0}{4}$$

e, assim, sucessivamente:



Notemos que o êxito das críticas dos imobilistas provinha da insuficiência científica da época, para o trabalho com o contínuo e o infinito. Seria necessária a teoria dos limites, desenvolvida por Newton e completada no século XIX, para explicar-se que a tartaruga seria apanhada: basta ver-se que as sucessivas distâncias são

$$\frac{Ao To}{2^n}$$

e então:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{Ao To}{2^n} = 0,$$

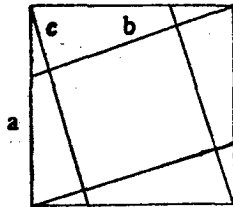
isto é, a distância efetivamente se anula e a *razão* consegue aceitar a *opinião*.

LEUCIPO DE ELEIA (OU MILETO) que teria vivido nos séculos VI – V, é figura semi-lendária, conhecido apenas pelas citações de Aristóteles. Sua teoria seria brilhantemente desenvolvida no século seguinte, graças a *Demócrito de Abdera*, de que restam fragmentos. Conceberam eles a matéria como formada de *átomos*, partículas mínimas indivisíveis (por serem muito duras ou por serem muito pequenas). Entre os átomos, o vazio, o nada, o vácuo. Ninguém aceitou, na antiguidade, o vazio total com a tranquilidade dos atomistas. Tudo é feito por átomos e vazio, inclusive os deuses, se existirem. O atomismo é de uma simplicidade irreverente. Cada corpo tem átomos iguais em tamanho, massa, propriedades, características dele, mas que diferem em relação a outro corpo. Os átomos apresentam propriedades secundárias: sensação de aspereza, de cor etc. Os corpos emitem eflúvios (também atômicos) que nos atingem. As propriedades não estão nos átomos, mas na sua ação sobre os nossos sentidos. Por exemplo, se uma substância apresenta sabor azedo é porque tem átomos com pontas e se é doce terá átomos redondos: *dizemos quente, dizemos frio, dizemos doce, dizemos amargo, dizemos cor; mas na realidade só existem os átomos e o vazio.*

Os átomos também diferem pela posição e, se agrupados, pela ordem. Acham-se em eterno movimento. Para o início do mundo, Demócrito imaginava um caos, em que os átomos e o vazio estavam, a princípio, reunidos ou, segundo outra versão, os átomos de um lado e o vazio de outro. Das sucessivas combinações e distribuição desses átomos e *destes vazios*, ocorridos ao *acaso*, vão surgindo, vão unindo-se e vão separando-se as coisas. Não há finalismo na natureza. Todavia, segundo Taton, *A causalidade antecedente reina ilimitada sobre os átomos*. Trata-se de um materialismo mecanicista, com uma poderosa mensagem futura, mas que as condições culturais e sociais da época não deixaram voar muito alto. O epicurismo vai adotá-lo bem influenciado por visões orientalizantes. E em Roma, o atomismo antigo morre com o suicídio de Lucrecio. A partir do Renascimento, o átomo começaria a ser reabilitado sob diferentes roupagens e, com Galileu, Gassendi, Newton ele seguiria uma trajetória triunfante até ser recebido com todas as honras por Dalton, na alvorada do século XIX.

IV) A Matemática

O desenvolvimento da Matemática principia, tanto quanto se tem notícia, com a escola pitagórica. O chamado teorema de Pitágoras é atribuído a essa escola, embora já fosse conhecido por egípcios e babilônios, em casos particulares. Das muitas demonstrações que existem para ele, uma das mais conhecidas é baseada na figura:



onde a é a hipotenusa, b o cateto maior e c o cateto menor de cada um dos 4 triângulos retângulos iguais. O quadrado externo tem lado a e o interno, lado $b - c$. Então:

$$a^2 = (b - c)^2 + 4 \frac{bc}{2} = b^2 + c^2 - 2bc + 2bc$$

$$a^2 = b^2 + c^2$$

Nos Elementos de Euclides, a demonstração é mais complexa e se enquadra no estudo dos paralelogramos (Euclides, I, 47).

A expressão mostra que o quadrado que tem por lado a hipotenusa é a soma dos quadrados levantados sobre os 2 catetos. Parece que os gregos não perceberam que o teorema era mais geral: ele vale para qualquer figura construída sobre os 3 lados do triângulo retângulo (por exemplo, as áreas de 3 triângulos equiláteros).

Já vimos que os pitagóricos relacionavam os números com fatos e os classificavam: 3 o número da Justiça, 4 o do casamento etc. Um é a união, a coincidência entre o finito e o infinito. Os números ímpares foram chamados finitos e os pares, infinitos, porque admitiriam uma divisibilidade infinita, (o que não é real). Colocaram o vazio na tábua dos infinitos. Representando os números por pedrinhas separadas *pelo vazio*, devem ter chegado à idéia das mônadas.

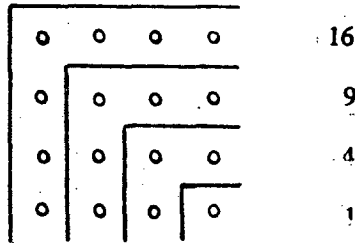
Estudando as propriedades numéricas relativas à adição e multiplicação, concluíram pela existência de números abundantes, deficientes e perfeitos: *Abundantes* são aqueles cuja soma dos seus divisores é maior do que ele. Por exemplo, 12 admite os divisores 1, 2, 3, 4, e 6 que somam 16. *Deficientes* são aqueles cujos divisores apresentam soma inferior a si. Por exemplo, 8 admite os divisores 1, 2 e 4 que somam 7. *Perfeitos* são aqueles cujos divisores têm soma igual ao número dado: 496 é divisível por 1, 2, 4, 8, 16, 31, 62, 124 e 248, que somam 496. É claro que estes números sempre se relacionam com influências mágicas.

Modelarmente perfeito e, por isso, pleno de magia era o número 6, cuja soma e cuja multiplicação dos divisores (1, 2, 3) produzem ambas o mesmo 6. Também é mágico o número dez: $1 + 2 + 3 + 4 = 10$ (tetra-kys).

A orientação dos números em formas determinadas é o que foi chamado de *séries gnômicas*: a distribuição dos números ímpares

$$1 + 3 + 5 + 7 + \dots$$

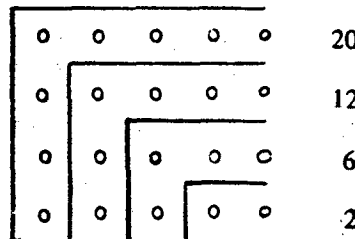
conduz a figuras quadradas e a somas que são segundas potências de números. Daí por que estas segundas potências são chamadas *quadrados dos números*:



Notemos que as somas 1, 4, 9, 16, . . . são quadrados porque resultam de figuras *com formas de quadrado*.

A nossa expressão geral seria: $S = n^2$

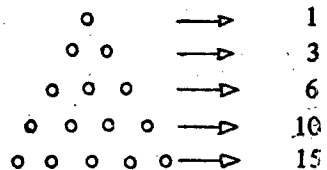
A distribuição dos números pares forma um retângulo:



Ora, $2 = 1 + 1^2$; $6 = 2 + 2^2$; $12 = 3 + 3^2$; $20 = 4 + 4^2$.

A nossa expressão geral seria: $S = n + n^2$

Finalmente, a distribuição dos números naturais origina um triângulo e daí serem chamados, pelos pitagóricos, *números triangulares*:



Ora, $3 = \frac{2 \times 3}{2}$; $6 = \frac{3 \times 4}{2}$; $10 = \frac{4 \times 5}{2}$.

A nossa expressão geral é: $S = \frac{n(n+1)}{2}$

As médias aritmética e geométrica

Ambas estas médias são descobertas pitagóricas. Se b é média aritmética entre a e c , então $b = \frac{a+c}{2}$ e se b é média geométrica entre a e c , en-

tão $b = \sqrt{ac}$. 9 é a média aritmética entre 6 e 12, enquanto 8 é a média geométrica entre 4 e 16.

A média harmônica ou sub-contrária

É a mais bela descoberta pitagórica, neste campo. Se b é média harmônica entre a e c , então:

$$b = \frac{2ac}{a+c} . 8 \text{ é a média harmônica entre 6 e 12}$$

Notemos que as três médias podem ser apresentadas sob fórmulas do mesmo tipo:

$$\text{b média aritmética: } \frac{a-b}{b-c} = \frac{a}{a}$$

$$\text{b média geométrica: } \frac{a-b}{b-c} = \frac{a}{b}$$

$$\text{b média harmônica: } \frac{a-b}{b-c} = \frac{a}{c}$$

O nome harmônica provém do fato de relacionar-se com a música. Na linguagem de Portfório (I – II D.C.): *A sub-contrária ou harmônica é aquela onde os três termos são tais que, qual for a parte dele próprio com que o primeiro excede o segundo, o segundo excede o terceiro em parte idêntica*

deste terceiro. Nicômaco de Gerasa (I D.C.) escreve: . . . *A proporção harmônica se exprime de ordinário por frações quando relacionada com a música que, conforme a lenda, deu ensejo à sua descoberta.*

Ex.: 6 8 12 ou 1 $\frac{4}{3}$ 2

O nome sub-contrária advém de que, se b é harmônica entre a e c, então $\frac{1}{b}$ é a média aritmética entre $\frac{1}{a}$ e $\frac{1}{c}$.

Ex.: 6 8 12 e $\frac{1}{6}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{12}$

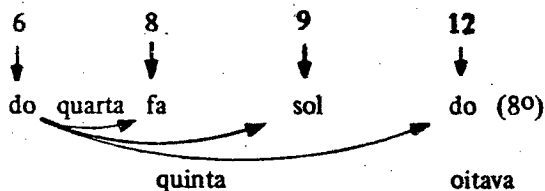
Note-se a relação entre a média harmônica e o cubo, que tem 6 faces, 8 vértices e 12 arestas. O cubo era uma *figura perfeita*.

Os intervalos musicais

Grande glória para a escola pitagórica foi verificar que as suas médias correspondiam aos comprimentos das cordas dos instrumentos musicais, que até ali deveriam ter sido achados empiricamente. Realmente, a antiga lira tetracórdio dos gregos tinha cordas na proporção 6 : 8 : 9 : 12 ou 1 : $\frac{4}{3}$: $\frac{3}{2}$: 2, em que 8 é a média harmônica e 9 média aritmética de 6 e 12. Chamando 6 e 12 de x e y:

$$x : \frac{2xy}{x+y} : \frac{x+y}{2} : y$$

Estas cordas, com os referidos comprimentos e mantendo constantes a espessura e a constituição, quando tangidos, fornecem, respectivamente, as notas *do*, *fa*, *sol* e *do* de 8ª, resultando, entre 2 notas consecutivas, um intervalo musical de quarta; entre 2 alternados, um intervalo de quinta e entre os 2 extremos, um intervalo de 8ª Ex.:

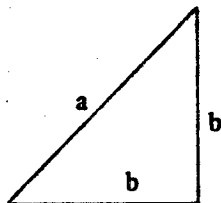


Para ver como era descrita esta proporção (que deve datar dos fins do século V), voltemos a Nicômaco: . . . *Uma quarta proporção, que se diz ser uma descoberta babilônica, teria sido introduzida na Grécia por Pitágoras, isto é, a proporção musical a mais bela no dizer de Jâmblicos. Esta quarta proporção se forma entre quatro termos, onde o duplo e o triplo intervalos são preenchidos pelas suas médias onde uma excede e é excedida na mesma parte dos extremos e onde a outra excede e é excedida pelo mesmo número.*

É provável que o ruído e o som de percussão, a música primitiva, tenha sido superada inicialmente pela lira monocórdio, em que se obtinham os sons, dividindo a corda adequadamente. Veio depois a lira tetracórdio e, a partir dela, a lira heptacórdio (Terpandro?), o forminx, a lira decacórdio, a lira dodecacórdio. Todavia, a matematização destes resultados empíricos e apenas auditivos, só parece ter ocorrido nas mãos de Árcuítas e Eudoxo, ao tempo de Platão.

O número irracional

Os pitagóricos vislumbraram a existência do irracional (ou seriam os críticos de Eléia?). Consideremos o triângulo retângulo ABC, em que os dois catetos são iguais, de comprimento b (ou metade de um quadrado de lado b):



Vamos supor que a hipotenusa a e o cateto b sejam comensuráveis, isto é, que exista um racional $\frac{m}{n}$, irredutível, tal que $a = \frac{m}{n} b$. Ora, se m for par, então n será ímpar. Pelo teorema de Pitágoras, temos:

$$a^2 = b^2 + b^2 \quad \text{ou} \quad a^2 = 2b^2. \text{ Como por outro lado}$$

$$a^2 = \frac{m^2}{n^2} b^2, \text{ vem: } \frac{m^2}{n^2} = 2 \quad \text{e} \quad m^2 = 2n^2$$

Se m^2 é par, é divisível por 4 e, então $2n^2$ também o é, mas se $2n^2$ é divisível por 4, n^2 é divisível por 2, logo n^2 é par e n também será par. Logo, n é par e é ímpar. Não existe o racional $\frac{m}{n}$. Se, por exemplo, fizermos $b = 1$, concluímos que a é igual . . . a um fantasma aritmético.

Esta é a demonstração de Euclides (X, 117), mas sabemos ser anterior. Também se poderia demonstrá-lo, fazendo $m = 2p$ ($p \in \mathbb{N}$) e chegando à mesma conclusão.

Eis-nos, pois, diante do irracional $\sqrt{2}$.

Já desde época anterior à platônica, os gregos conheciam dois tipos de irracionais: as raízes de números não quadrados e as raízes de irracionais (como $\sqrt{17}$ e $\sqrt{5 - \sqrt{17}}$).

É importante a implicação histórico-filosófica do irracional: a hipotenusa e o cateto já não podem ser formados por números determinados de mônadas e o número deixa de ser a essência das coisas. Alguns pitagóricos ainda espernearam, dizendo que a mônada era tão pequena, que seu acréscimo alterava o número, sem alterar o comprimento. Mas já era a decadência. É fácil compreender que os críticos de Eléia tinham armas para comprometer o movimento e a grandeza do número pitagórico. E isto ajudava a ciência para o imobilismo, o qualitativo e a forma. Na Matemática, para a Geometria.

Platão

Dentro dessa perspectiva é que vai instalar-se a matemática da Grécia clássica, através de seu representante mais conhecido, Platão de Atenas

(428 – 347), que teria inscrito na entrada da Academia: *só entre quem for geômetra*. As figuras geométricas vão representar a perfeição e a substância e Platão dá, no Timeu, uma nova versão ao problema da físis: os quatro elementos surgem dessas figuras. *Escolhamos, portanto, dois triângulos, com os quais são constituídos os corpos do fogo e de todos os outros elementos: um é isósceles, o outro tem sempre o quadrado do seu lado (cateto) maior, triplo do quadrado do mais pequeno. E agora, precisemos o que foi dito acima. Os quatro elementos (terra, água, ar e fogo) tinham-nos parecido nascer sempre reciprocamente uns dos outros, mas era uma falsa aparência. Com efeito, os quatro gêneros nascem mas é dos triângulos de que acabamos de falar* (Timeo, 546 e c, cit. de Caraça).

PLATÃO atribui à terra a figura cúbica, à água o icosaedro, ao ar o octaedro e ao fogo o tetraedro. *Todas estas figuras convêm concebê-las tão pequenas, que, em cada gênero, nenhuma possa ser vista individualmente. Pelo contrário, quando se agrupam, as massas que formam são visíveis*. (Timeo, 56 c, cit. Caraça). Parece ter feito alusão ao dodecaedro, uma quinta figura: *Faltava uma única e última combinação: Deus serviu-se dela para o todo, quando delineou a organização final* (Timeu, 56 c, cit. Taton).

Já Aristóteles vai abandonar esta explicação geométrico-cerebral para os elementos e os encarará de maneira mais naturalista (inclusive porque só o tetraedro e o cubo se ajustam perfeitamente e ele teria de admitir o vazio). Embora tenha sido o comentarista e crítico dos antigos matemáticos, para ele, a matemática é antes um instrumento para outros estudos, em particular a astronomia.

Três problemas tradicionais

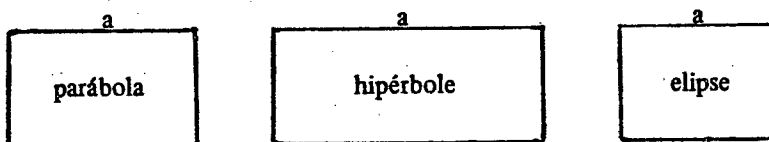
São os da duplicação do cubo, da trissecção do ângulo e da quadratura do círculo. Estas questões não aparecem nos Elementos de Euclides, porque ali ele só trata de problemas resolúveis por régua e compasso.

Embora antigo, o problema da quadratura do círculo permaneceu, pois suas implicações só seriam compreendidas no Renascimento. Após os primeiros estudos, atribuídos a Anaxágoras, Antífon tentou a quadratura pela duplicação sucessiva de polígonos inscritos. Brisão considerou os inscritos e os circunscritos, mas creu que a área do círculo seria a média aritmética dos dois. Dinóstrato utilizou a quadratriz. Já no século V, Hipócrates de Quios descobriu 3 lúnulas quadráveis e erradamente se acreditou ser possível efe-

tuar a quadratura sucessiva das demais partes do círculo.

As Cônicas

Até Apolônio, as palavras parábola, hipérbole e elipse referiam-se a *aplicar uma área dada sobre um segmento dado, ou seja, construir um retângulo, conhecendo-se um lado e a área*. Quando a construção é feita sobre o segmento dado, há parábola (aplicação sobre), quando é feita sobre o segmento prolongado, há *parábola com hipérbole* ou apenas *hipérbole* e quando é feita sobre parte do segmento, há *parábola com elipse* ou *elipse*:



Esta aceção se conserva mesmo em Euclides. Só depois de Apolônio é que tais palavras designam as cônicas, porém, mantendo algo da idéia original:

parábola: $y^2 = 2px$ – aplicação da superfície y^2 sobre a reta $2p$.

hipérbole: $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$ $\frac{x^2}{a^2} = 1 + \frac{y^2}{b^2}$ – há aplicação por excesso.

elipse: $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ $\frac{x^2}{a^2} = 1 - \frac{y^2}{b^2}$ – há aplicação por falta.

Notemos, ainda, que significados semelhantes apresentam essas palavras como figuras de linguagem, pelo menos a hipérbole (exagero na expressão) e a elipse (supressão de termo).

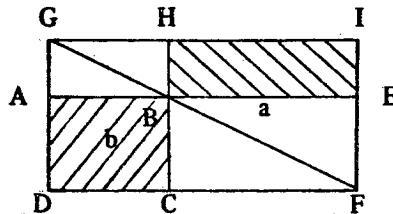
Parece que o estudo das cônicas se relacionam, inicialmente, com a duplicação do cubo. Deve-se a Menecmo e Aristeu (séc. IV A.C.) a referência de que as cônicas podem ser obtidas, cortando-se um cone (eis a

origem do nome) por um plano perpendicular à geratriz: se o ângulo do vértice for agudo, resultará uma elipse. Se for reto, uma parábola e se obtuso, uma hipérbole.

A Álgebra

Já dissemos que houve razões culturais e sócio-econômicas para que o pensamento grego se tenha voltado especialmente para a geometria. É interessante notar-se que, mesmo os problemas algébricos eram resolvidos geometricamente.

Seja, por exemplo, a expressão $ax = b$, onde queremos x . Construíam os gregos um retângulo qualquer de área b (ABCD). Um dos lados era prolongado, formando o segmento a (BE). Sobre ele, construíam o retângulo BEFC. Traçavam a diagonal FB e a prolongavam até encontrar o prolongamento de DA, em G. Então, $AG = x$.



Para demonstrá-lo, basta notar que a área de HBEI é igual à área b (de ABCD), pois ambas são partes de triângulos iguais (GIF e GDF), dos quais se subtraíram outros triângulos iguais: de GIF tiramos GHB e BEF; de GDF tiramos GAB e BCF.

EUCLIDES

Seguindo a trajetória da matemática, agora em Alexandria, encontramos a obra monumental de Euclides, espécie de doxografia de tudo o que se fizera até então. Euclides parece ter vivido no século III A.C. Seu trabalho, que chegou até nossos dias, são os Elementos, em 13 livros, mas outros foram perdidos.

No Livro I, dá as definições e os postulados. O mais famoso é o último: *Se uma reta, interceptando duas retas, forma ângulos interiores do mesmo lado menores do que dois retos, estas retas, prolongadas ao infinito, encontrar-se-ão no lado onde os ângulos são menores do que dois retos* (Taton, Hist. Geral das Ciências, I, 2). A este enunciado é que Playfair, no século XVIII, deu a versão: *Por um ponto do plano, pode-se traçar uma e apenas uma paralela e uma reta*. Este postulado se manteve indiscutido até o século XIX, quando se admitiu a possibilidade de *outras geometrias*. O que se considera importante é Euclides não ter invocado a evidência, mas ter *postulado*, o que viria a ser uma característica do comportamento matemático futuro.

Em resumo, os 4 primeiros livros versam sobre geometria plana; o quinto e o sexto, sobre semelhança, razões e proporções; o sétimo, o oitavo e o nono, sobre números inteiros; o décimo, sobre irracionais e os três últimos, sobre geometria no espaço.

ARQUIMEDES (*Siracusa, 287 – 212 A.C.*)

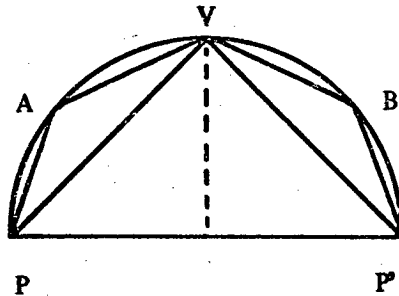
Arquimedes trabalhou em Alexandria e manteve contacto com os sábios dessa cidade: Apesar de seus muitos e importantes trabalhos, tornou-se legendário pela sagacidade e dedicação que empregou na defesa de Siracusa contra os romanos de 215 a 212, na 2ª Guerra Púnica. Finalmente vencida, a cidade foi arrasada e Arquimedes morto por um legionário das tropas de Marcelo.

Sua obra é variada, na Matemática e na Física e bastante afastada da linha geral do pensamento grego, caracterizada por estaticismo e preconceito contra as *artes mecânicas* e o testemunho dos sentidos. Nele, vemos a técnica inspirando e conduzindo até as demonstrações matemáticas, como é o caso da quadratura de um segmento de parábola, exposta em sua Carta a Eratóstenes sobre o Método:

dera a área uma soma de segmentos. Revela-se um brilhante precursor do método dos indivisíveis que Cavalieri desenvolveria no século XVII.

Em seu livro *A Quadratura da Parábola*, Arquimedes dá mais duas demonstrações. Na primeira, utiliza o método da exaustão, atribuído a Eudoxo: inscreve e circunscreve duas séries de trapézios, mostrando que o segmento de parábola não pode ser inferior nem superior a $1/3$ do triângulo.

A seguir procura demonstração mais rigorosa:



PVP' é o segmento de parábola, V o vértice. Traçam-se PV e $P'V$. A é o ponto onde a tangente é paralela a PV e B o ponto em que a tangente é paralela a $P'V$.

Arquimedes considera que a área de cada triângulo PAV e $P'VB$ é $1/8$ da área do triângulo PVP' . Os dois triângulos correspondem a $1/4$ de PVP' . Arquimedes levanta sobre os segmentos PA , AV , VB e BP' outros triângulos, em que cada um tem área $1/8$ do respectivo segmento parabólico. Logo:

Área do segm. parábola $PVP' = (1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{16} + \frac{1}{64} + \dots) \times$ Área do triângulo PVP' .

O siracusano vai notar, então, que a soma entre parêntesis é $4/3$ (é o limite da série) e conclui que o segmento de parábola PVP' não pode ser maior nem menor do que $4/3$ do triângulo PVP' .

Em *A Medida do Círculo*, aproxima-se do número π . Os

egípcios haviam adotado, para ele, o valor $3 \frac{1}{6}$ e os babilônios, 3.7.30 (na numeração sexagesimal), que corresponde a $3 \frac{1}{8}$. Arquimedes compara o círculo a um triângulo retângulo onde um cateto é a circunferência e o outro, o raio. Mostra que a circunferência está entre $3 \frac{1}{7}$ e $3 \frac{10}{71}$ do diâmetro. Se tomarmos, para π , o valor por excesso, resultará $3 \frac{1}{7} = 3,1429$.

No Livro Arenário, trata da numeração. Até os meados do século de Péricles, os gregos empregaram o *sistema ático* de numeração, em que havia a seguinte relação:

I	□	△	H	X	M
1	5	10	100	1000	10 000
Ex.: 7 π II 64 □ △ IIII					
18 △ π III 387 HHH □ △ △ △ π II					
50 □ 2632 MM □ H △ △ △ II					

Após os meados do século V e, em especial, desde o século III, utilizaram o *sistema erudito*, decimal, muito mais adequado aos cálculos: às 9 primeiras letras do alfabeto grego correspondiam os 9 algarismos; às 9 seguintes, as 9 dezenas; às outras 9, as 9 centenas. Em 1.000, a sequência se reinicia, com um índice à esquerda e em baixo da letra. Ex.: (Taton, Hist. Geral das Ciências, pág. 121):

α ι ρ α para 1 10 100 1000; ζ ο δ para 274

A miríade era notada por M. Assim, 40.000 escrevia-se $\frac{\delta}{M}$ Es-

ta numeração, aliás, no curso dos anos sofreu várias modificações. As miríades ou dezenas de milhares podem apresentar-se, como em Diofanto, por exemplo, separadas dos milhares por um simples ponto.

Ex.: $\tau \varsigma \cdot \nu$ para 3.069.000

Este método Arquimedes desenvolveu para representar números excepcionalmente grandes, mas não teve grande aceitação.

CLAUDIO PTOLOMEU

Em seu livro *Almagesto* (Sintaxe Matemática), Ptolomeu adota o sistema sexagesimal, que vinha do Oriente. Os pródromos da trigonometria já haviam sido lançados por Euclides, Arquimedes e Aristarco, os quais haviam constatado que (em linguagem moderna), $\frac{\text{sen}X}{x}$ decresce com x e $\frac{\text{tg}x}{x}$

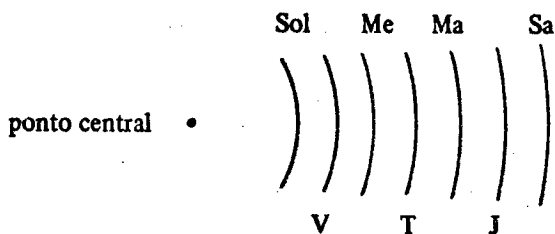
crece com x . Ptolomeu divide o diâmetro do círculo em 120 partes e calcula o lado de alguns polígonos inscritos em função dessa fração do diâmetro. Para o quadrilátero convexo inscrito, chega à conhecida *proposição de Ptolomeu*: o produto das duas diagonais é igual à soma dos produtos dos lados opostos. Demonstra as relações supra-citadas de Aristarco e Arquimedes e acaba concluindo que a corda de um grau é igual a $1p2'50''$ (do diâmetro). Se assimilarmos o arco à corda e multiplicarmos o referido valor por 360, teremos o comprimento da circunferência, em frações do diâmetro. Dividindo por 120, temos o número π . O cálculo seria:

$$\left(\frac{1 + \frac{2}{60} + \frac{50}{3600} \times 360}{120} \right) = 3,1416!$$

V) A Astronomia

A escola de Pitágoras foi a mais fecunda entre os jônicos. Filolau imaginou, para o sistema solar, a presença de um fogo central, em torno do qual girariam, pela ordem, uma *Anti-terra*, a Terra, a Lua, o Sol, Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno. Este esquema foi considerado precursor da rotação da Terra em torno do seu eixo, bastando transferir o fogo central para o centro da terra. *Já Heraclides do Ponto antecipa os epiciclos e a Tycho-Brahe, imaginando a Terra no centro e girando, pela ordem, a Lua, o Sol, Marte, Júpiter e Saturno; todavia, em redor do Sol, girariam Mercúrio e Vênus. Com base em outros textos, entretanto, o astrônomo italiano S. Schiapparelli (séc. XIX) considerou o seguinte esquema como resultante do pensamento de Filolau e Heraclides:

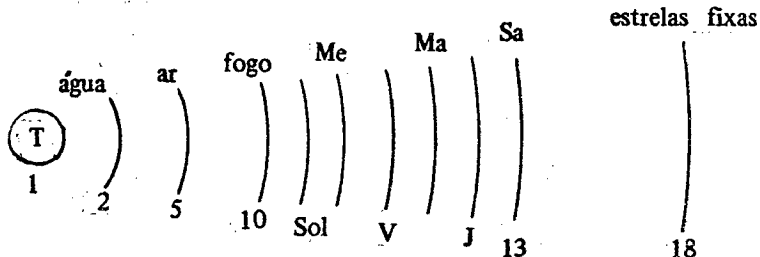
* Outros atribuem este movimento a Hicetas e Ecfanto.



Esta idéia seria considerada precursora do heliocentrismo de Aristarco de Samos, porque basta considerar nulo o raio da órbita solar e o sol coincidirá com o ponto central.

PLATÃO

No século IV, o primeiro sistema a considerar é o platônico. Após um primeiro esquema na República, Platão apresenta novo e mais completo desenvolvimento no Timeu. Adota o sistema de esferas concêntricas e diafanas *para salvar as aparências*, na sua linguagem. Esquema do universo descrito no Timeu:



1 é a *espessura da terra*, fixa, no centro e unidade para as demais medidas. A espessura da água é 2 ou seja o dobro da da terra. A do ar é 5. Até aí, o mundo sub-lunar. Logo, o raio da órbita da lua é também 5. A 10 está o fogo, a 13, Saturno e a 18 raios terrestres estão as estrelas fixas, limite do pequeno universo platônico. O mundo sub-lunar é corruptível, mutável, mas o céu (além do sub-lunar), é eterno, imutável, reino do movimento perfeito, circular uniforme (um movimento *imóvel, que não muda nada*).

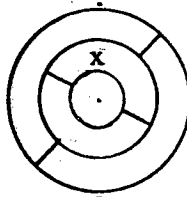
Platão trata do assunto ainda nas Leis e no Epinômis. Neste último livro, acrescenta a esfera do éter (relacionado ao dodecaedro) entre a

do ar e a do fogo. Como, além disso, afirma ser o sol maior do que a terra, admite-se haver alterado bastante suas idéias sobre as distâncias, expressas no *Timeu*.

EUDOXO DE CNIDO

O universo de Platão não era resultado de observação acurada, mas Eudoxo de Cnido séc. IV) procurou explicar o movimento real dos astros, estabelecendo, quando necessário, mais de uma esfera para cada astro. As esferas de cada astro são independentes das dos demais. A mais externa prende-se à interna mais próxima, por dois pontos de seu eixo. Esta, por sua vez, prender-se-á da mesma forma a uma outra mais interna, se houver, porém segundo eixo inclinado em relação ao anterior. Quando a esfera externa se move, arrasta a interna mais próxima no mesmo movimento. Mas esta apresenta, ainda, um outro movimento próprio, em que arrasta a esfera seguinte. Assim, sucessivamente. A terceira esfera (de fora para dentro) acumula os movimentos das duas anteriores e pode, ainda, ter um terceiro movimento próprio. Se o astro estiver ligado a esta esfera, ele descreverá o movimento resultante dos três descritos.

x astro



Eudoxo considerou o fenômeno suficientemente descrito, mediante 3 esferas para o movimento do sol, 3 para a lua e 4 para cada um dos 5 planetas conhecidos. Com a esfera das estrelas fixas, perfazem-se 27 esferas.

Mas os movimentos de progressão, parada e regressão dos astros ainda assim não ficavam explicados satisfatoriamente e Calipus vai acrescentar 7 esferas.

ARISTÓTELES

Aristóteles de Stagira (384 – 322 A.C.) vai analisar o problema astronômico, supondo as esferas como invólucro efetivamente existente e constituindo um sistema inter-relacionado e contínuo. Para que isto aconteça, sem alterar os movimentos já estudados, Aristóteles tem de acrescentar 22 esferas compensadoras, que giram em sentido contrário entre os sucessivos sistemas planetários. Com isso, o número total de esferas atinge a 56. O astrônomo Schiapparelli, no século passado, foi o primeiro a pesquisar, com base num relato de Simplicius, a fórmula matemática da resultante dos movimentos das duas esferas mais internas. A forma é a de um oito, apoiado sobre a superfície esférica e a curva é chamada *lemniscata esférica* (de lemnis: laço). O movimento das duas esferas mais externas do planeta representavam o movimento diurno e o do Zodíaco e com esses movimentos eram combinados os da lemniscata.

Aristóteles coloca a esfera do fogo abaixo da lua, no lugar em que Platão põe a do ar. Ficam terra, água, ar e fogo na esfera sub-lunar. A Terra é imóvel. Prova-o o fato de que um corpo lançado verticalmente, recai no mesmo lugar. O universo de Aristóteles é único e limitado. O movimento desce da primeira esfera para a Terra. Como não há para ele, movimento sem força, deve haver, externo ao mundo, um motor *imóvel e primeiro* que o faz mover-se. É um motor imaterial, ato puro. Os movimentos no céu são cíclicos, eternamente periódicos. Ora, como o movimento no mundo sub-lunar depende deles, também acabam por ser cíclicos. Assim, a corruptibilidade deste mundo não é acidental, mas substancial e, por isso, ao contrário do que pensava Platão, ele é cognoscível.

ARISTARCO DE SAMOS (séc. III A.C.)

Com Aristarco o homem ousava, pela primeira vez e com toda a clareza, colocar o sol no centro do universo e fazer a terra girar ao redor de seu eixo. Mas o heliocentrismo, para nós de hoje tão plausível teria razões para encontrar grandes resistências na Grécia helenística. a) entre os não-cientistas, a resistência se devia ao deslocamento da Terra e do homem no centro do Universo. b) entre os astrônomos, objetava-se que a terra, sendo o corpo mais pesado (os astros eram formados de fogo), deveria, naturalmente,

ocupar o centro imóvel e também que, se a terra girasse, dever-se-iam observar deformações angulares nas constelações.

Assim, o heliocentrismo contou, apenas, com o apoio de Seleuco da Babilônia, não logrando sequer arrebatar Arquimedes, Apolônio, Hiparco ou Eratóstenes. O estóico Cleantes por sua vez, sugeriu que Aristarco fosse processado (como o seria um seu continuador famoso, 1. 900 anos depois . . .) *por perturbar o sono dos deuses*.

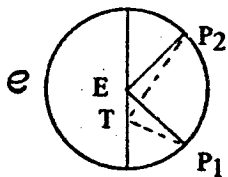
Aristarco aperfeiçoou o quadrante solar e calculou os diâmetros relativos do sol, da terra e da lua, bem como as distâncias relativas entre os 3 astros, medindo apenas, como faziam os gregos antigos, distâncias angulares. Seu trabalho é exposto na obra *Dos tamanhos e das distâncias do sol e da lua*.

Excêntricas e Epiciclos

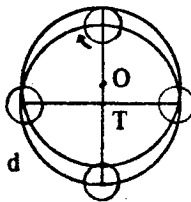
A dificuldade da astronomia era explicar a *anomalia zodiacal* e a *anomalia heliaca*. A primeira corresponde ao fato de os planetas descreverem arcos diferentes em tempos iguais e a segunda, ao fato de os pequenos planetas estacionarem e, até retrogredirem em certas ocasiões (devido, sabemos-lo, à translação da Terra).

Para explicaresse fenômenos, sem ferir o antigo preconceito do movimento circular uniforme, Alexandria veio propor duas soluções: as excêntricas e os epiciclos (Taton, livro citado, pág. 142):

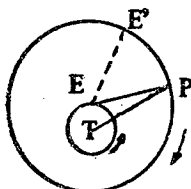
(1) *Excêntrica fixa*



(2) *Epiciclo de sentido retrógrado*

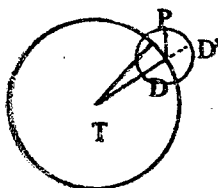


(3) *Excêntrica móvel*



E' = apogeu da excêntrica
D' = apogeu do epiciclo
E'ÉP = PÔD' (anormalia)
TP (Terra-Planeta)
Tem o mesmo comprimento e a
mesma direção nos dois casos.

(4) *Epiciclo de sentido direto*



As soluções são equivalentes. No caso da excêntrica, o planeta gira em torno da Terra (T); mas o centro de rotação (E) não coincide com ela. Na realidade, começa-se a enganar o movimento perfeito, o circular uniforme. Na excêntrica móvel, o centro rotação da excêntrica também gira em redor da Terra; explicando-se, assim, as circunstâncias de retrogradação.

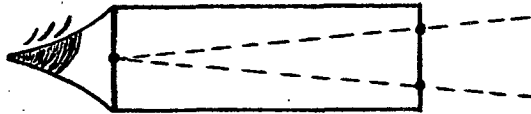
No caso dos epiciclos, há um círculo maior (deferente), que representa a rotação em torno da Terra. Sobre o deferente (d), situa-se o centro de um pequeno círculo (epiciclo) que corresponde ao movimento do planeta, o qual pode deslocar-se no sentido direto ou retrógrado. Em particular é fácil notar que os esquemas (1) e (2) se tornam idênticos quando o epiciclo se mantém imóvel, com diâmetro paralelo a si mesmo.

HIPARCO DE NICÉIA (190 – 125 A.C.)

Tido como o maior astrônomo da antiguidade, na realidade, pouco sabemos dele diretamente. Trabalhou em Rodas e, principalmente, Alexandria. O livro que chegou até nós foi o *Comentários*, sobre o poema *Fenômenos*, de Arato de Soles. Conhecemos, indiretamente, o *Catálogo das Estrelas* e muitos lhe atribuem a parte principal do que seria o *Almajesto* de Ptolomeu. Crítico e rigoroso, não perdoa sequer a Eratóstenes a credulidade em descrições e dados colhidos de terceiros. Adotou para o círculo (e isto seria definitivo) o sistema sexagesimal da Mesopotâmia. Mostrou a equivalência entre as excêntricas e os epiciclos e fez correções. Hiparco é o grande descobri-

dor da precessão dos equinócios: o ano solar (cruzamento da eclíptica com o equador) é cerca de 15 minutos mais curto do que o ano sideral (volta do sol ao mesmo ponto do zodíaco). Hiparco explicou como um deslocamento anual dos pontos equinociais, ou sejam, as intersecções da eclíptica com o equador. Este fenômeno não afeta a latitude das estrelas fixas em relação à eclíptica e o resultado é que se vem observando uma regressão do equinócio da primavera desde a constelação do touro, na época do império babilônico até a do peixe, modernamente.

Hiparco é o inventor de um diopetro para medidas angulares: um tubo horizontal de comprimento 741 cm (4 côvados), contendo, internamente, dois anteparos, sendo um fixo, com um orifício e outro móvel, com dois orifícios:



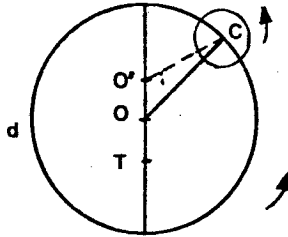
Deslocando o segundo, de forma a divisar os bordos de um astro através do anteparo móvel, o astrônomo calculava o ângulo de visada (diâmetro aparente). Criticando os anteriores, Hiparco elaborou o Catálogo das Estrelas, em que classificou 800 delas (segundo Taton) ou 1.080 (segundo Mason).

CLAUDIO PTOLOMEU

Este astrônomo alexandrino do século II D.C. (morto em 165) iria dar ao cosmos uma estrutura definitiva que somente o Renascimento iria superar. É a consagração do geocentrismo. Suas obras que se mantiveram, são várias: Tetrabíblia; Composição Matemática, o Almajesto (*o grande*) dos árabes; Fases das Estrelas Fixas; Hipóteses dos Planetas, Guia Geográfico; Óptica; Acústica. No seu Catálogo, classificou 300 estrelas mais do que Hiparco e introduziu o sistema de dividi-las em 6 classes, segundo o brilho aparente.

Para explicar as duas anomalias, Ptolomeu estabelece, a princípio, um sincretismo entre a teoria das excêntricas e dos epiciclos: ao longo de

uma excêntrica gira o centro do epiciclo. Mas o astrônomo, *para salvar as aparências*, vê-se obrigado a uma outra inovação: a excêntrica tem centro em O, mas o centro do epiciclo *executa o movimento uniforme em torno de um outro centro O'*; CHAMADO CENTRO DO CÍRCULO EQUANTE ou apenas *equante*:

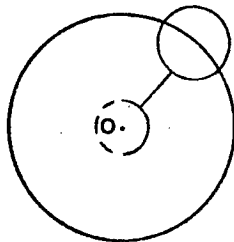


$$O'O = OT$$

C descreve um movimento circular em torno de O, mas é o ângulo $T\hat{O}C$ que varia uniformemente.

Agora o *movimento perfeito* era um artificialismo já bem frágil. Para Mercúrio e Lua, o próprio deferente *d* teria de girar em torno de um outro círculo, também excêntrico. Notemos que o sistema, embora complexo, não deixava de ser preciso e levou Ptolomeu a descobrir dois novos movimentos da Lua, *nutação* e *evocção*. Quando Copérnico, no século XVI, optar pelo sistema heliocêntrico não se tratará de maior precisão (que ele não tinha), mas de maior simplicidade e plausibilidade, além do descrédito crescente em que se achará o aristotelismo.

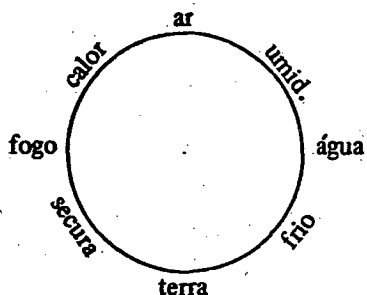
A inclinação da órbita dos planetas em relação à eclíptica era dada pela inclinação do epiciclo. Para justificar a variação desta inclinação, Ptolomeu imaginou uma circunferência concêntrica com o deferente, mas perpendicular a ele, que se liga ao ponto do epiciclo próximo do centro (O) do deferente:



VI) Física e Química

ARISTÓTELES

Toda a física da Grécia se faz à luz do pensamento peripatético. Aristóteles retoma os elementos de Empédocles, mas os considera manifestações de uma *matéria primeira* (proto-hile, matéria-prima), cujas formas depende, das qualidades que assume. Estas formas estão em potência e surgem pela combinação de qualidades fundamentais: frio, quente, seco e úmido. A união das qualidades frio e seco transforma a matéria primeira em terra. A união de frio e úmido, em água. A união quente-úmido, em ar. E quente-seco, em fogo. Estes elementos podem inter-converter-se reciprocamente (mas não em qualquer sequência):



Vemos que a transformação de um elemento em outro se reduz à combinação de certas qualidades. A matéria-prima total é sempre constante. Os quatro elementos, por outro lado, combinando-se entre si, originam todos os corpos que existem.

Aristóteles chama de *alloiosis* as transformações entre os elementos. Para os compostos, *synthesis* é a simples mistura; *mixis* se aproxima de nossa reação química; *krasis* se aproxima do que chamamos dissolução.

Define movimento (kínesis), como a transformação de uma coisa em outra que ela possui potencialmente, ou seja, *o ato que está em po-*

tência enquanto tal. (segundo Taton, obra citada, pág. 63). A idéia de ato e potência será adotada no século XIII por São Tomás de Aquino que irá definir Deus como ato puro

Aristóteles conceitua matéria, forma e privação. *Matéria* é simples potência, *forma* é o que existe em ato e *privação* é o não-ser. Kínesis (movimento) significa, mais genericamente, alteração: a) da substância do corpo (secundum quid), que resulta da síntesis e da mixis; b) do tamanho do corpo (secundum quantum); c) da qualidade (secundum quale), que resulta da alloíosis; d) de lugar (secundum ubi), que é o deslocamento de lugar. Logo o mundo sub-lunar se altera por quiddidade, quantidade, qualidade e lugar, mas no céu só há Kínesis de lugar, sob movimento circular uniforme. É curioso notar que a concepção deste movimento perfeito para o céu seria aceita por Galileu, Copérnico e, até Kepler, no início de seus trabalhos.

O seu conceito sobre os movimentos, Aristóteles o expõe no Tratado do Céu (De Coelo, I, 2 – 3, 268b14 – 270 a 12). Chama de *movimento natural* aquele que não exige a ação de uma força externa, mas que caminha para o seu *lugar natural*. Temos aqui uma Mecânica teleológica: a matéria tem a finalidade de cumprir uma forma. O lugar natural da terra está no centro do universo e o seu movimento natural é *para baixo* (moto in deorsum ou ad medium). O lugar natural do fogo é a parte extrema da esfera sub-lunã e o seu movimento natural é *para cima* (moto in sursum). O lugar natural da água é a região diretamente externa à região central e o seu movimento natural é in deorsum, exceto na região central. O ar tem o seu lugar natural na região situada entre os lugares naturais da água e do fogo e o seu movimento natural é *in sursum*, com exceção da região do fogo e do próprio ar. Nos corpos compostos, o lugar natural é *o do elemento predominante*. À medida em que os elementos ou corpos se aproximam do respectivo lugar natural, sua velocidade cresce (aceleração no movimento natural).

Chama-se *movimento forçado ou artificial* aquele de um elemento ou de um corpo composto que não seja em direção ao seu lugar natural. Só ocorre sob a ação permanente de uma força.

O movimento natural (isento de força) de todos os elementos terrestres e, portanto, dos compostos, é retilíneo. No céu, todavia, o movimento natural é o circular: *Parece não ser possível tal movimento imutável e*

aparentemente eterno ser um movimento forçado. Daqui Aristóteles vai concluir que o elemento constituinte dos corpos e das esferas celestes é um quinto elemento, o éter.

A Dinâmica Peripatética

Aristóteles a *equaciona* em sua Física (VII, 5). As conclusões não se libertam totalmente da exemplificação: *Se A (motor) moveu B a uma distância C num certo tempo D; no mesmo tempo, a mesma força A moverá a metade de B, duas vezes a distância C.* Vemos o espaço inversamente proporcional ao peso, fixados a força e o tempo.

Com raciocínios análogos, Aristóteles vai concluir que, no momento forçado, o espaço percorrido é diretamente proporcional à força e ao tempo de sua atuação e inversamente proporcional ao peso do corpo movido. Em termos modernos, isto se exprimiria pela equação:

$$e = k \cdot \frac{f \cdot t}{P} \quad (I)$$

Logo, força é causa de movimento (velocidade). Força constante acarreta velocidade constante e só o aumento da força vai produzir o aumento da velocidade (aceleração no movimento forçado). Aristóteles inclui no peso as forças dissipativas, devidas ao atrito e à resistência do meio. É curioso notar que esta interpretação corresponde por tal forma à intuição, que é ainda a maneira como o leigo em Física *sente* o problema. Por isso é que a Física peripatética iria resistir, com poucos arranhões, até o século XVI, apenas cedendo ante as estocadas de Galileu.

Como, porém, a equação é falha, o stagirita se vê forçado a definir os casos em que não se aplica: *Mas se E move Z a uma distância C em tempo D, daí não se segue necessariamente que E possa mover duas vezes Z, metade da distância C, no mesmo tempo.* Isto é claro, pois, dobrando Z, pode ocorrer de a força de atrito superar E, não havendo o movimento.

O Movimento do Projétil

Como explicar que um projétil se desloque, considerando que deve existir a ação permanente de uma força? Aristóteles considera que a força projetiva continua agindo sobre o projétil através do meio, mas sob intensidade cada vez menor, que vai sendo superada pela tendência ao seu lugar natural. Já havia um pensamento anterior a Aristóteles que explicava ser o movimento de um projétil devido a que este, no seu movimento, tendia a originar um vácuo atrás de si. Sendo isto contrário à natureza, o meio acorria a ocupar a região empurrando o projétil.

Estas explicações vão ser discutidas em toda a Idade Média, a começar de Philoponus, (séc. V – VI D.C.) criador da *teoria do impetus*.

O Problema do Meio

Aristóteles discute a ação do *medium* sobre o movimento em sua Física IV, 8. Preocupa-se em mostrar a impossibilidade do vácuo. Vimos acima, que o projétil se move porque a força age sobre ele através do meio. No vácuo, ele não se moveria. Por outro lado, no movimento natural, a velocidade seria inversamente proporcional à densidade do meio. Assim, seria infinita no vácuo. De um modo geral, Aristóteles conclui que a velocidade de um corpo num movimento qualquer, é inversamente proporcional à densidade do meio (embora, em outras circunstâncias, ele a inclua no peso). Como a velocidade no movimento forçado ainda depende da força, podemos chegar a uma outra equação moderna, aproximada do pensamento de Aristóteles:

$$V = K \frac{f}{d \text{ meio}} \quad \text{II}$$

É pitoresco que, se dividirmos, membro a membro, I e II, resultará $e = K' \frac{d \cdot v \cdot t}{P}$ e o espaço é diretamente proporcional à densidade do meio (ou a velocidade é proporcional ao peso)!

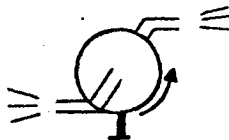
Queda e Ascensão dos Corpos

Aristóteles trata do assunto em: De Coelo, 273b 30a 274a 2 – De Coelo, 290 a 1 e 2 – De Coelo, 277e 4 e 5 – De Coelo 309b 11 a 15 – De Coelo, 294a 13a 15 – Física, 216a.

Sua teoria do movimento natural está de acordo com a do movimento forçado. No caso do movimento forçado, a velocidade média de um corpo para uma dada distância é proporcional à força continuamente exercida sobre o mesmo. Ora, na queda livre, a força externa é substituída pelo peso, que mede a tendência interna de um corpo para mover-se em direção ao centro do universo. Resulta a concepção de que a velocidade de um corpo, em queda livre, é proporcional ao seu peso: *A experiência mostra que os corpos, cuja força é maior, seja em peso, seja em leveza, todas as outras condições iguais quanto às figuras, atravessam mais depressa um espaço igual e na proporção que as grandezas (peso ou leveza) têm entre si.* (Física, 216a). Este é um de seus mais célebres trechos, porque se liga à espetacular experiência contestatória que a tradição atribui à Galileu, na torre de Pisa.

HERON E OS TÉCNICOS ALEXANDRINOS – ARQUÍMEDES

O ambiente de Alexandria permitiu o desenvolvimento da técnica, embora poucas vezes tenha sido utilizada (exceto no campo militar que parece ter sido o grande inspirador). Ctesíbio e Fílon foram engenheiros famosos do século III A.C. Heron (séc. I D.C.) é o conhecido inventor da eolípila, onde se constata a força elástica do vapor e o princípio de funcionamento do jato: um recipiente fechado contém água e dois tubos recurvos e concordantes que dão para fora. Quando a água é aquecida e vaporiza, saindo pelos tubos, o recipiente põe-se a girar:



É hábito dizer-se que Heron *descobriu a máquina a vapor*. Entretanto, as condições sócio-econômicas não permitiram a Revolução Industrial que surgiria nos séculos XVIII – XIX, com as descobertas de Pappin, Watt e Fulton.

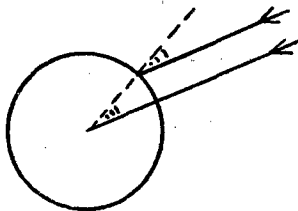
Filon e Heron criaram, entre outros, o relógio hidráulico, o precursor do teodolito, o hodômetro, para medir distâncias, a bomba de duplo efeito. Escreveram dois livros denominados, ambos, Pneumáticas, baseados em Estráton. Admitiam o vácuo em escala mínima na matéria para explicar fenômenos de dilatação, compressibilidade e densidade.

No campo da Hidrostática, a grande contribuição é de Arquimedes. Em seu livro Sobre os Corpos Flutuantes, estabelece: a) que a pressão num fluido é dada pelo peso da coluna acima do ponto considerado; b) que um corpo imerso num fluido é impelido segundo a vertical que passa pelo seu centro de gravidade; c) que o corpo é impelido para cima ou para baixo, respectivamente, com uma força igual à diferença entre o peso do volume de líquido deslocado e o peso do corpo ou vice-versa. Graças a este conhecimento é que, segundo Vitruvius, o sábio siracusano descobriu a falsificação feita pelo ourives na coroação do rei Hierão. Além do parafuso para tirar água do poço, Arquimedes construiu uma maqueta para os astros (planetário); criou a balestilha, instrumento náutico para estudos astronômicos e um dioptra para achar-se o diâmetro aparente dos astros, que Hiparco aperfeiçoaria.

A GEOGRAFIA FÍSICA E MATEMÁTICA (s. IV – III)

As principais obras nesse campo, são devidas a Hecateu de Mileto (séc. VI – V) e a Dicearco de Messina.

No estudo da Terra, o acontecimento mais marcante é a medida da circunferência terrestre, por Eratóstenes de Cirene (275 – 195 A.C.). Ele considerou que as cidades de Alexandria e Siene (Assuã) situavam-se sobre o mesmo meridiano, à distância de 5.000 estádios. Quando o sol estava a pino em Siene, formava com a vertical 7,15° em Alexandria (medida feita com o gnômon esférico):



Os dois ângulos são correspondentes.

A circunferência terrestre é, pois: $360 \times 5.000 = 252.000$ está-
7,15

dios egípcios (157,5m), ou sejam, 39.690 Km . Este resultado é *praticamente exato*, mas resulta da compensação de dois erros: As duas cidades não se acham sobre o mesmo meridiano e distam, na verdade, 5.346 estádios. Finalmente, se Eratóstenes trabalhou com estágios gregos, mesmo assim os valores alcançados são bastantes próximos do real.

O erro em longitude é compreensível. Se as latitudes eram de medida fácil (pela altura das estrelas ou emprego do gnômon), as longitudes exigiam a determinação simultânea do horário em dois pontos diferentes, relacionando-o com um referencial. Utilizavam-se informações de marinheiros ou medidas em locais diferentes, durante um eclipse lunar.

VII) História Natural e Biologia

Neste campo, a Grécia clássica superou largamente a helenística. Alexandria não produziu um biólogo ao nível de Aristóteles. Filho de médico, foi na História Natural e na Biologia que mais se revelou o poder de observação do sábio de Stagira. Sua concepção aqui também é teleológica: há 4 tipos principais de causas – a *causa material* (matéria – prima) com que eram feitas as coisas; as *causas formais* (formas e modelos) que eram impressos sobre a matéria; as *causas eficientes*, ou seja os meios para a realização do objetivo; as *causas finais* ou finalidades a que se destinavam os objetos. Citamos S. F. Mason, História da Ciência, trad. Edit. Globo, 1962, pág. 29: *A argila do oleiro proporcionava a causa material de um vaso, enquanto que a formal residia na forma deste. A roda e as mãos do oleiro eram a causa eficiente, e o fim a que o vaso se destinava, a sua causa final. Aristóteles preocupou-se sobretudo com causas formais e finais. Acreditava serem aquelas inerentes a todos os objetos e processos naturais e que, latentes de início, tornavam-se manifestas durante o desenvolvimento do objeto ou da criatura. Por fim, chegavam a um termo no qual o ser, realizado, servia ao propósito – a causa final – a que fora destinado.*

Esta idéia que não está longe do seu *movimento natural* se apresenta mais marcante em sua Biologia. Aristóteles é o criador da Zoologia

e revela um extraordinário poder de observação, de comparação e de análise. Descreveu cerca de 500 espécies animais, das quais dissecou mais de 50. Apesar de que Plínio o Antigo, 4 séculos depois, haja estudado um número equivalente de espécies, Aristóteles o supera folgadoamente em sagacidade e rigor. Chega ao ponto de pôr em dúvida a existência do elefante, do camelo e do hipopótamo. Uma afirmação de Aristóteles foi considerada fantasiosa até sua confirmação no século XIX (!); entre os siluros do rio Aquelão (Aspropótamo), é o macho que guarda os ovos e os filhotes.

Aristóteles trata da zoologia em 3 livros, inter-relacionados, que são História dos Animais, Partes dos Animais e Geração dos Animais. Sua classificação se baseia nos animais que têm sangue vermelho e nos que não o têm. Os primeiros ocupam 4 grupos: a) quadrúpedes vivíparos (mamíferos, que incluem cetáceos, focas e morcegos) – b) quadrúpedes ovíparos (lagartos, tartarugas e batráquios → serpentes) – c) aves (divididas em oito espécies) – d) peixes (divididos em 2 espécies). Os animais que não apresentam sangue vermelho enquadram-se em outros 4 grupos: a) os de corpo mole – b) crustáceos (corpo mole coberto com carapaça) – c) mariscos, ouriços etc. (corpo mole coberto de concha calcárea) – d) insetos, em 9 espécies a que se ligam os vermes.

Aristóteles estuda, ainda, os sexos, a fecundação, a forma de nascimento dos animais e sob esse aspecto, os grupos acima são melhor analisados. Ele acaba por dispor os animais numa escala contínua de perfeição crescente, que culmina no homem. Organiza uma hierarquia de seres *dispostos segundo o grau de potencialidade de que estão dotados* e esse grau expresso por sua maturidade ao nascimento. O mais elevado de uma categoria dava sequência ao mais inferior da categoria acima de modo que *sua continuidade torna indistinguíveis os limites entre elas*. Esta rigidez classificatória iria influenciar, de uma forma ou de outra, naturalistas racionalistas, como Lineu e Cuvier e filósofos, românticos, como Herder.

As plantas apresentam estrutura mais simples do que os animais e estes são mais simples do que o homem. Aristóteles, então, reconhecia a existência (no de Anima) de três tipos de almas. As plantas apresentavam só uma espécie de alma, a vegetativa, responsável pelo crescimento e pela reprodução. Os animais tinham, ainda, uma segunda alma, a *sensitiva*, responsável

pelos movimentos e sensações. O homem, finalmente, apresentava, por acréscimo, uma alma *racional*. Estas idéias seriam aceitas por importantes médicos de Alexandria, no período helenístico. A alma racional humana, que antigos filósofos colocavam no cérebro, Aristóteles deslocou-a para o coração. Caberia a Herófilo reconduzi-la ao cérebro.

Aristóteles aceitou uma forma especial de geração espontânea. Acredita na existência, anterior a toda a vida, de uma *psiquê* latente e que se manifesta em certas condições. Em outras palavras, diríamos que a matéria tem a vida em potência e, sob a causa eficiente desta alma difusa, *converte-se em ato*, sob condições favoráveis. Mas isto só é admitido para seres inferiores. Para os mais desenvolvidos, há 4 formas de geração: a) os animais que nascem vivos; b) os que provêm de ovo; c) os que podem nascer de fragmento (como um ramo vegetal, destacado e replantado); d) os oriundos de metamorfose.

No tocante à embriologia, Aristóteles pertence ao grupo dos epigenistas, os quais consideravam que o esperma continha todos os elementos necessários ao desenvolvimento do embrião. A eles se opunham os herdeiros de Hipócrates e chamados pré-formacionistas, segundo os quais o esperma conteria partículas diferenciadas de cada parte do corpo, ocorrendo, como resultado, que a eventual mutilação de um pai apareceria no filho (!)

VIII) A Medicina

Neste campo, os gregos têm uma tradição antiga e própria. Nos períodos mais afastados, o médico é também mago e, às vezes, vemos o médico ser amador e o mago e o áugure serem profissionais. Assim, na Guerra de Tróia (1180 A.C.), Homero nos apresenta os dois médicos, Macáone e Podalírio, antes de tudo, como destacados lutadores, enquanto que Calcante, o mago, é um especialista. Heróis, como Aquiles têm conhecimentos de Medicina. O mesmo acontece com Hércules, Melampo ou o sábio centauro Quíron, mestre de Aquiles e Jasão. Os deuses ligados à Medicina também não são *especialistas*: Apolo, Ártemis e o próprio Asclépios, na tradição mais antiga.

A ligação entre a Medicina e a Magia torna-se patente pela importância dos oráculos, que também se voltavam para ela. Certos santuários, como Tricca (desde o séc. X) e Epidauro (desde o séc. VI) tiveram correspon-

dentem em outras partes da Grécia e se transformaram em locais de cura. Religiões como o orfismo e o pitagorismo desenvolveram as práticas da medicina ocultista, das quais, aliás, a medicina científica jamais se separou (seus reflexos chegam até hoje) e esta situação se reintensifica na decadência clássica e no período helenístico.

As informações que temos sobre a Medicina helenica nos vêm através da Coleção Hipocrática que, no passado, se pensou provir toda de Hipócrates, mas que é constituída de 60 escritos que representam as mais variadas tendências e foram escritos entre os meados do século V e do seguinte. Um dos maiores monumentos dessa coleção e dos primeiros, cronologicamente, é a Medicina Antiga.

Também a Medicina terá a sorte das demais ciências, ao passar do Oriente para o solo helenico. Enquanto no Oriente os médicos eram, provavelmente, um grupo fechado e tão ligado ou mais à coroa do que os artifices, aqui eles são, via de regra, itinerantes, deslocando-se por toda a Hélade e levando, não raro, um ou mais aprendizes, que podiam incluir parteiras ou escravos. O juramento de Hipócrates, se em certos aspectos pode ser herdeiro das confrarias, no final, se reduz a um código de ética que só se justifica na medida em que existe razoável liberdade para o trabalho médico.

O interesse simultâneo pela Medicina em diferentes lugares faz com que surjam diferentes escolas médicas, como as de Cós, Rodes, Cnido, Sul da Itália. Cada uma tem sua teotia e seus métodos, desenvolvidos nos locais de origem. Depois, com o desenvolvimento dos médicos, elas se entrecruzam e vemos surgirem suas muitas divergências. É compreensível que o tempo vá, por um lado, ampliando algumas escolas e reduzindo outras; por outro lado, originando médicos que trabalham independentemente, acima das várias escolas. Não raros, eram também oradores, pois os tratados de Medicina eram escritos, em geral, como discursos. Alguns escritos importantes pertenceram a médicos desse tipo, como dos Ventos, das Semanas, das Carnes. Deocles de Caristo (séc. IV) considerado um segundo Hipócrates, gozava de grande prestígio e, entre suas muitas obras, destacam-se: a Cocção, a Anatomia, as Febres, a Higiene, a Herborização, as Enfermidades das Mulheres (segundo Taton, obra citada, pág. 83).

O médico grego é mais um técnico do que um cientista. Ele aprende a pensar feridas, imobilizar membros feridos e manejar a farmacologia vegetal para enfrentar as doenças. Mas tem poucos conhecimentos de anatomia e fisiologia. Quando teoriza, não raro adota concepções vagas e totalizantes, como o estoicismo, que são de pouca utilidade na medicina. Em outros casos, surgem teorias pitorescas e de origens complexas. Aos poucos, um setor vai separando-se do médico *clínico*: é o cirurgião. Ainda mais técnico e mais especialista, o cirurgião constitui, em certas circunstâncias, um setor independente e, mesmo, oposto ao resto dos médicos.

A ESCOLA DE CNIDO

Menos elaborada, a escola de Cnido parece anterior à de Cós, seus escritos são mais antigos. Representa a tendência empírica na medicina antiga. Todavia, apresenta observações e métodos, por vezes, bastante eficientes.

Praticam com habilidade a auscultação, a trepanação, incisão pulmonar, incisão renal, perfuração do flanco, com longas indicações do tratamento a ser seguido posteriormente. Distinguem a artrite e a gota, tratam a escrófula etc. Fazem certos experimentos em animais, para o conhecimento do homem. Na sintomatologia das enfermidades e nos processos terapêuticos, porém, a escola de Cnido se mostra, em geral, primitiva e arbitrária. Para exemplificar, num tipo de tuberculose, *Afecções Internas* relata que o enfermo emite sons sibilantes como se falasse através de um caniço. São citadas milhares de fórmulas e remédios, com muito de arbitrário e pitoresco, mas com número limitado de formas de aplicação: vomitórios, purgativos, fumigações, injeções, pessários, remédios para introduzir no nariz, para ação reguladora após o parto (a mulher beberá uma mistura de 5 cantáridas em vinho com 15 ovos de choco e algumas plantas).

Contra reumatismo, os cnídios receitavam a embriaguez; contra tísica e afecções pulmonares, a introdução no esôfago de produtos irritantes que provocam tosse, enquanto o médico puxava a língua do paciente. Vemos que em certos tipos de intervenções diretas, o empirismo dos cnídios levava a métodos brutais.

A ESCOLA DE CÓS

Aqui parece que se seguiu caminho radicalmente diferente. A observação constante e minuciosa é a norma desta escola. Em seguida, a reflexão. Embora não possamos afirmar que os médicos de Cós tenham sido experimentalistas, não há dúvida de que foram o despertar da Medicina científica. Os sentidos são importantes: a primeira coisa é *aquilo que se pode ver, tocar e ouvir; o que é perceptível por meio da visão e do tacto, da audição e do olfacto, do paladar e do pensamento, aquilo que podemos chegar a conhecer por todos os meios de que dispomos* (Gabinete Médico-citação de Taton, pág. 88 89).

Encarnando esse espírito e essa escola, fruto e motor dela, aparece a figura de Hipócrates de Cós (460 — 377), considerado o maior médico da Grécia clássica. Citado por contemporâneos, entre os quais Platão, uma tradição conta que ele foi chamado por Artaxerxes para combater uma epidemia que grassava entre o exército persa. Recusando os presentes tentadores que lhe ofereciam, respondeu que não auxiliaria os inimigos de sua pátria.

ALEXANDRIA

O deslocamento de Herófilo e Erasítrato para Alexandria converteu-a no centro da Medicina antiga. Continuada da Medicina helênica, mas também inovadora, Alexandria vai celebrar-se pelas dissecações. A liberdade de dissecação do corpo humano em público foi considerada uma influência do embalsamento egípcio. Na velha Grécia, por outro lado, vai manter-se apenas a escola de Cós.

Nos meados do século III, Serapião cria em Alexandria a *escola empírica*, que abandona a teorização não por desconhecimento, como a de Cnido, mas por ceticismo filosófico. Como é natural, produziu bons médicos práticos. Os epicuristas Asclepiades da Bitínia e Temison da Laodíceia fundam, no século I A.C., a *escola metódica*, desligada do hipocratismo e que explica as doenças por um desarranjo dos átomos, que devem ser reorganizados por ginástica e hidroterapia. Este empirismo extremado levava os metodistas a fabricarem *curandeiros* em poucos meses. Reagindo contra ambas vai surgir, um século depois, a *escola pneumática*, na linha estoíca, fundada por Ateneu

de Atália. Como desdobramento desta, surgiu a *escola eclética*, que contaria com Areteu de Capadócia e o extraordinário Galeno. Esta multiplicidade de escolas revela a vitalidade do pensamento médico alexandrino.

GALENO DE PÉRGAMO (130 – 200 D.C.)

Filho de um arquiteto de Pérgamo, voltou-se para a Medicina aos 17 anos de idade. Em Pérgamo foi médico de gladiadores e em Roma serviu a aristocracia. Teve muito contato com o imperador estóico Marco Aurélio.

Apenas de Medicina, a obra de Galeno abrange mais de 500 títulos, mas deixou trabalhos em outros campos, como filosofia e retórica. Seus trabalhos médicos têm sido classificados da seguinte forma: 1) Introdutórios, em que comenta as várias escolas (Sobre Seitas, Sobre a Melhor Doutrina, Sobre a Medicina Empírica) – 2) Comentários a Hipócrates – 3) Obras de anatomia e fisiologia (De Usu Partium Corporis Humani, De Anatomicis Administrationibus, Sobre a Pulsação) – 4) Escritos sobre etiologia e diagnóstico – 5) Escritos sobre higiene (Higiene), dietética, farmacologia, terapêutica (Método Terapêutico ou Ars Magna).

Mais do que qualquer antecessor, Galeno soube temperar a teoria com a experiência. A base metafísica e o rigor científico serviram para que ele empreendesse a crítica das demais escolas, atacando sobremaneira os não teóricos. Mas as influências filosóficas que sofreu também agiram, em contrapartida para dificultar, em muitos aspectos, sua gigantesca obra. Aceitou, por exemplo, a teleologia aristotélica de que a Providência dispôs os nossos órgãos para finalidades determinadas e daí tira por vezes, conclusões extravagantes. Vemos Platão, Aristóteles e Zenão de Cício nas raízes do seu pensamento. O seu prazer pela abstração levou-o a erros na Biologia e tolheu muitos de seus passos na Fisiologia e na Anatomia.

No campo prático, realizou, entre outras, uma famosa experiência com o fim de comprovar que as artérias conduzem a onda da pulsação, emitida pelo coração: Primeiro, desnudou uma artéria e a ligou: a onda não mais passava. Segundo, substituiu uma secção de artéria por um tubo e notou que a onda passava. Terceiro, com nova ligadura, a onda deixava outra vez de

passar. Quarto, colocou duas ligaduras na mesma artéria e procedeu a uma incisão entre ambas, aflorando o sangue, que Erasístrato dissera não existir, normalmente, nas artérias.

Julgando-se, em parte, herdeiro dos hipocráticos, Galeno dava muita importância ao exame minucioso do enfermo, levando em consideração todos os pormenores (inclusive psíquicos) que anteriormente citamos.

Galeno descreveu os ossos, os músculos, os nervos, a caixa craniana. Seu estudo dos músculos, com base no macaco, é superior ao dos antecessores. Analisou o sistema nervoso, especialmente, os nervos cranianos e estudou um setor do sistema simpático.

Galeno recebe de Aristóteles (ou de Platão?) o conceito das três almas ou três vidas: a psíquica (racional) a animal e a vegetal. São mantidas por três tipos correspondentes de pneuma: o *psíquico*, localizado no cérebro e que percorre o sistema nervoso; o *vital*, que se distribui pelo coração e pelas artérias; o *natural*, localizado no fígado e que circula nas veias. Galeno introduziu como *deuses secundários* do corpo, um conjunto de forças: atrativa, retentiva, alterativa, expulsiva, secretiva, que são responsáveis por funções particulares ou fisiológicas do corpo (dentro da concepção finalista). Assim como certas propriedades, combinando-se duas a duas, originavam, em Aristóteles, os 4 elementos, estes davam formações aos 4 humores do organismo: sangue, flegma, bÍlis amarela e bÍlis negra. O sangue tem os 4 elementos na mesma proporção. O flegma tem a água como predominante. A bÍlis amarela tem, principalmente, o fogo, e a bÍlis negra, a terra. Daí, Galeno vai classificar os seres humanos também em 4 temperamentos: sanguíneo, flegmático, colérico e melancólico.

Suas idéias sobre circulação trazem pequenas diferenças relativamente a Erasístrato, lembrando que ele sabia serem as artérias condutoras de sangue. Para Galeno, o sangue que entrava no ventrículo direito-se bipartia, indo a maior parte para os pulmões, onde se purificava, dirigindo-se, depois, para o sistema nervoso geral. Pequena parte passava ao ventrículo esquerdo, misturava-se com o pneuma que chegava pela veia pulmonar, originando-se o pneuma vital, que as artérias levavam ao corpo todo. O sangue levado ao cérebro pelas artérias, aí era convertido em pneuma psíquico, através

da *rete mirabile* e, a seguir, distribuído pelos nervos.

Galeno classificava as doenças segundo atacassem: a) alguns dos humores – b) as partes semelhantes existentes em exemplares simétricos do corpo – c) os órgãos. Classificava também a evolução das doenças (*o movimento patológico*) em: (1) Causas diretas – (2) o próprio *movimento patológico* – (3) consequências nas partes enfermas – (4) sintomas diversos (Jean Beajeu em Taton, obra citada, pág. 191).

Mason (obra citada) enumera os principais erros de Galeno: *o coração, responsável pela respiração; a penetração do ar nos corpos, subordinada à dilatação do coração; sua expulsão, dependente da contração do mesmo (apesar de suas batidas serem muito mais rápidas do que o ritmo da respiração); a possibilidade de o sangue atravessar a parede divisória do coração e passar da cavidade direita para a esquerda (quando essa parede é um músculo sólido, interditando uma tal passagem, como o indicou no século XVI, Vesalius, em sua crítica); a afirmação da existência da rete mirabile nos homens (quando Galeno não a estudou senão nos ruminantes).*

A obra de Galeno teria, por toda a Idade Média, importância comparável às de Platão e Aristóteles. As principais razões para isso são que: a) Grande número de seus trabalhos permaneceu e no conjunto é superior aos demais; b) suas concepções místicas facilitaram-lhe a aceitação por mulçulmanos e cristãos.

BIBLIOGRAFIA

- Taton, René – *História Geral das Ciências*, I, 2 – trad. – DIFEL, S.P.
Mason, S.F. – *História da Ciência* – trad. – Edit. Globo, P. Alegre.
Caraga, Bento de Jesus – *Conceitos Fundamentais da Matemática*, Lisboa, 1963.
Jaeger, Werner – *Paideia* – trad., Edit. Aster, Lisboa.
Bernal, John D. – *História Social de la Ciência*, I, trad., Ed. Península Barcelona, 1968.
Vernant, Jean Pierre – *Mgthe et pensée chez les grecs*, Maspero, Paris, 1965.

Aristóteles – *A Política*, trad., Ed. Hermus, S. Paulo, 1966.

Cottrell, L. – *El toro de Minos*, Fondo de Cultura, México, 1958.

Platão – *Dialogues of Plato*, Great Books of the Western World, Britannica, 1952.

Farrington, B. – *A Ciência Grega*, Ibrasa, 1961.

Childe, Gordon – *O que aconteceu na História*, Zahar, Rio, 1966.