

J. P. PEIXOTO ▪ J. V. GONÇALVES ▪ A. A. MARQUES DE ALMEIDA ▪ J. T. OLIVEIRA ▪ J. P. OSÓRIO ▪ R. CARVALHO ▪ L. ALBUQUERQUE ▪ R. RODRIGUES
J. V. GOMES FERREIRA ▪ F. D. SANTOS ▪ A. J. ANDRADE DE GOUVEIA ▪ A. M. AMORIM DA COSTA ▪ B. J. HEROLD ▪ JOÃO L. L. C. OLIVEIRA CABRAL ▪ J. A. LEITÃO ▪ N. GRANDE ▪ J. C. DA COSTA ▪ A. RODRIGUES ▪ A. TORRES PEREIRA ▪ B. FERNANDES ▪ J. M. GIÃO T. RICO ▪ MILLER GUERRA ▪ M. PORTUGAL V. FERREIRA ▪ J. M. COTELO NEIVA ▪ A. RIBEIRO ▪ M. TELLES ANTUNES
F. C. GUERRA ▪ A. CORREIA ALVES ▪ F. CASTELO-BRANCO ▪ A. FERNANDES
A. R. PINTO DA SILVA ▪ C. M. L. BAETA NEVES ▪ A. X. CUNHA ▪ A. C. QUINTELA
SUZANNE DAVEAU ▪ ORLANDO RIBEIRO ▪ J. E. MENDES FERRÃO ▪ ILÍDIO AMARAL ▪ O. TEOTÓNIO DE ALMEIDA ▪ F. GUERRA ▪ ALLEN G. DEBUS
WILLIAM R. SHEA ▪ A. IRIA ▪ F. R. DIAS AGUDO ▪ M. JACINTO NUNES

HISTÓRIA E DESENVOLVIMENTO DA CIÊNCIA EM PORTUGAL

I VOLUME



PUBLICAÇÕES DO II CENTENÁRIO DA ACADEMIA DAS CIÊNCIAS DE LISBOA
LISBOA • 1986

PORTUGAL NA HISTÓRIA DA CIÊNCIA

(FÍSICA)

FILIPE DUARTE SANTOS*

SUMMARY

It is shown that the portuguese maritime explorations of the XV and XVI centuries were made possible through scientific developments in navigational methods and nautical astronomy. The first geophysicists were probably portuguese navigators who produced detailed maps of magnetic declination of the Atlantic and Indian Oceans. The history of physics in Portugal from the XVI century to the XIX century is briefly reviewed. The main factors that induced stagnation or progress are discussed. It is shown that portuguese scientist made important contributions to physics and astronomy during that period but their activity was mainly conducted outside the country. Finally the social, economic and cultural implications of development in physics are discussed.

I - INTRODUÇÃO

Nesta comunicação procuro situar Portugal na história da ciência e na actual dinâmica do desenvolvimento científico. A metade ocidental da Europa surge na história mundial como herdeira da civilização Greco-Romana. Este facto resultou, em grande parte, da personalidade

* Departamento de Física da Universidade de Lisboa.

formada ao longo dos conflitos que durante vários séculos, desde a queda do império romano, se travaram entre os povos europeus e os povos asiáticos. Após o longo período introspectivo da idade média e depois da glorificação e reavaliação da cultura Greco-Romana na renascença vive-se na Europa, durante o século XVII, um dos períodos mais notáveis da experiência humana. É na segunda metade daquele século que se situa uma extraordinária renovação na actividade intelectual: nascem novas ideias, novos métodos e novos comportamentos que basearam o espectacular desenvolvimento da ciência a partir dessa época. Uma das datas desse período mais importante para a história da humanidade é, certamente, 26 de Abril de 1686 dia em que Newton apresentou os *Principia* à Royal Society de Londres. Os *Principia* contêm as leis básicas do movimento e uma formulação clara e precisa de conceitos físicos que continuam a ser usados tais como massa e aceleração. A lei da atracção universal, também exposta nos *Principia*, teve um enorme impacto nos contemporâneos de Newton que rapidamente se aperceberam da importância das novas ideias.

Os acontecimentos mais determinantes para o início do novo desenvolvimento da ciência nos finais do século XVII tiveram lugar principalmente na Inglaterra, França e Holanda. Assiste-se pois a uma deslocação para Norte dos centros de civilização: mais precisamente a uma deslocação do Mediterrâneo para a Europa média e do norte. Qual o papel desempenhado por Portugal no processo inicial do novo desenvolvimento científico? Creio que a nossa influência foi apenas indirecta mas certamente muito importante.

Efectivamente as descobertas marítimas iniciadas pelos portugueses no século XV foram um dos elementos que mais contribuíram para acelerar o ritmo de transformação na Europa durante os séculos XVI e XVII e para alterar profundamente a visão contemporânea do mundo. Como resultado das descobertas a predominância económica da Europa mediterrânica foi definitivamente transferida para a costa Atlântica. Através das descobertas a Europa tomou conhecimento de povos de que nunca se tinha ouvido falar nem na Grécia antiga, nem em Roma nem na Cristandade. Para os espíritos mais lúcidos tornou-se evidente que o ponto de vista europeu não é universal, nem sequer central, mas apenas regional. Levando a racionalização um pouco mais além tais pensadores são levados a concluir que a sua cultura e até a sua religião têm um certo grau de relatividade.

Com a chegada dos portugueses ao Japão estabeleceu-se uma ponte com a Europa através da qual, lentamente mas seguramente, se transferiu a nova forma de civilização ocidental cuja característica dominante é a ciência. Este lento processo de assimilação conduziu ao espectacular desenvolvimento tecnológico e científico do Japão dos nossos dias. O continente americano, cuja presença e história estão firmemente ligadas ao período das descobertas, tem sido um dos principais factores que caracteriza as circunstâncias da notável expansão da ciência e tecnologia nos nossos dias. Os Estados Unidos da América, em especial, fizeram da ciência e da tecnologia a base do seu desenvolvimento económico e social e actualmente encontram-se em posição de influenciar as restantes nações do mundo, por vezes de modo decisivo.

É importante distinguir entre a ciência anterior ao final do séc. XVII e a nova ciência que começou a desenvolver-se a partir desse período. A primeira esteve sempre marcada por uma profunda influência da cultura Greco-Romana e não conseguiu libertar-se dessa dependência. A nova ciência, iniciada no século XVII, tornou-se independente da tutela clássica e ganhou dinamismo suficiente para se afirmar como uma força poderosa capaz de controlar o movimento da civilização. As nossas raízes na cultura Greco-Romana e na religião cristã são tão profundas, tão centrais no nosso modo de pensar que, por vezes, nos é difícil aperceber que o centro da nossa civilização mudou com a permanente penetração da ciência e da tecnologia em praticamente todos os aspectos da vida.

Assim ao procurar perspectivar a história da ciência em Portugal no contexto da história da ciência no mundo é necessário distinguir entre um período anterior ao final do século XVII e tempos posteriores.

II - SÉCULOS XV E XVI

Desde o reinado de D. João I, até ao final do século XVI toda a cultura científica em Portugal girou em redor de uma ideia fundamental que foi a de preparar os elementos necessários para as navegações. Não sendo o modo de orientação das naus por meio da estrela polar aplicável a sul do equador, D. João II encarregou os seus cosmógrafos de procurar uma solução para o problema de determinar a latitude em qualquer lugar do globo terrestre. Como se sabe foi utilizado

o astrolábio, instrumento de origem grega, muito usado pelos árabes e que foi minuciosamente descrito nos *Libros del saber de Astronomia* de Afonso X, o sábio. É interessante observar que para formar a notável escola astronómica de Toledo, Afonso X chamou à sua corte os astrónomos mais afamados do seu tempo, cristãos, judeus e maometanos. O interesse e a curiosidade de Afonso X pela ciência e pela filosofia estava bem acima das diferenças entre os credos religiosos professados pelos seus colaboradores. Sem a tolerância religiosa praticada na escola de Toledo não teria sido possível atingir os conhecimentos astronómicos reunidos nas notáveis *Tábuas Afonsinas* e nos *Libros del saber de Astronomia*. Estes livros desempenharam um papel importantíssimo no desenvolvimento da arte de navegar e da cosmografia na Península Ibérica.

O método para a determinação das latitudes com o astrolábio foi experimentado pela primeira vez em barcos portugueses por José Vizinho, cosmógrafo de D. João II, numa viagem que fez à Guiné em 1485. A tabela de declinações do Sol de que depende a aplicação do referido método foi provavelmente obtida por José Vizinho ao seu amigo Abraão Zacuto, judeu espanhol, professor na Universidade de Salamanca, da cadeira de Astronomia fundada por Afonso X. Zacuto veio em 1492 para Lisboa, onde foi cosmógrafo de D. João II e publicou em Leiria em 1496 as tabelas de declinações sob o título de *Almanach perpetuum celestium motuum*, um dos primeiros livros a ser publicados em Portugal após a invenção da imprensa. Depois da morte de D. João II, Zacuto passou a servir na corte de D. Manuel I que o encarregou de fazer o horoscópio da viagem de Vasco da Gama à Índia, enquanto se preparava a expedição. Apesar dos serviços que prestara às navegações portuguesas com os trabalhos publicados e o ensino na corte, Zacuto, por ser judeu, foi forçado a abandonar Portugal e acabou por ir viver para a Síria.

A seguir a Abraão Zacuto e a José Vizinho, Portugal teve em Duarte Pacheco Pereira e João Lisboa dois notáveis cosmógrafos. Duarte Pacheco Pereira escreveu um livro intitulado *Esmeraldo de situ orbis* onde descreve com grande pormenor as viagens que realizou, os métodos de navegação que usou e outras observações sobre o mundo físico tais como as correntes marítimas e o regime das marés. É um trabalho de grande interesse em que o autor mostra compreender a importância do rigor e da objectividade para que o seu relato tenha a máxima utilidade, isto é, tenha valor científico. João de Lisboa foi também um cosmógrafo insigne e a obra que nos deixou sob o título de *Livro da*

Marinharia contém o resultado de observações inteiramente originais sobre o mundo físico. Com efeito João de Lisboa foi o autor da primeira série de observações regulares da declinação magnética na superfície da terra. Foi ele o primeiro a determinar a posição da linha de declinação nula a que chamou meridiano vero, mostrando que tal linha passa nos Açores, nas ilhas de Cabo Verde e perto do Cabo da Boa Esperança no Cabo das Agulhas. Para realizar as suas observações de declinação magnética construiu um aparelho simples constituído por uma bússola em cuja caixa estavam abertas duas fendas verticais que serviam para marcar a posição do meridiano do lugar por meio da Estrela Polar. Nos mares austrais utilizava a constelação do Cruzeiro do Sul. Francisco Faleiro, natural da Covilhã, também se interessou pelo estudo do campo magnético terrestre. No seu livro *Tratado de la esfera y del arte de marear* publicado em Sevilha descreve um instrumento para determinar a declinação magnética no qual a posição do meridiano do lugar é determinada pela sombra ao meio dia de um arame em forma de semi-círculo colocado verticalmente em relação ao prato circular da bússola. João de Lisboa, Francisco Faleiro e seu irmão Rui Faleiro estavam especialmente interessados no estudo do campo magnético terrestre porque acreditavam na existência de uma simples relação de proporcionalidade entre a declinação magnética e a longitude. Através desta relação e com o auxílio de cartas de declinação magnética a determinação da longitude sobre o globo terrestre ficaria muito simplificada. Foi D. João de Castro quem veio a demonstrar que tal relação não é verdadeira, através de observações feitas no Oceano Índico.

Em 1502 nasce Pedro Nunes em Alcácer do Sal e em 1529 é chamado para cosmógrafo de D. Manuel I. Viveu no período áureo da expansão portuguesa no mundo e exerceu uma actividade notável de ensino na corte de D. Manuel I, deixando-nos diversas obras sobre náutica, cosmografia, astronomia e matemática. Uma das mais importantes contribuições de Pedro Nunes para a ciência da navegação foi a descoberta de um método para determinar a latitude por observações da altura e azimute do Sol a qualquer hora do dia. O azimute era obtido num instrumento que resultava do aperfeiçoamento do aparelho de Francisco Faleiro atrás referido. Essencialmente era constituído por uma agulha magnética e por um estilete vertical que projectava a sombra sobre o plano do movimento da agulha.

No que respeita à física é curioso observar que Pedro Nunes teve conhecimento da obra de Copérnico *De revolutionibus orbium celestium* onde este fez renascer o sistema heliocêntrico para descrever o movimento dos planetas. Com efeito no seu livro *De arte atque ratione navigandi*, Pedro Nunes refere-se ao sistema proposto por Copérnico mas considera-o apenas como uma teoria matemática, mais precisamente como um método geométrico para determinar o movimento dos planetas. Não se pronuncia sobre as implicações físicas do sistema, quem sabe se para evitar conflitos com a inquisição. Aliás Copérnico, reconhecendo o carácter controverso das suas doutrinas, sob o ponto de vista da interpretação à luz do Velho Testamento, apresentou-as apenas como teoria matemática e Pedro Nunes seguiu-lhe o exemplo.

Em 1541 Pedro Nunes publicou uma das suas obras mais originais intitulada *De crepusculis* em que faz o estudo de um fenómeno essencialmente físico — os crepúsculos. O seu objectivo, porém, não tem a ver com a parte física do fenómeno pois que lhe interessa a determinação da duração dos crepúsculos em função do lugar de observação e da posição do Sol na eclíptica bem como a determinação da data e duração do crepúsculo mínimo num dado lugar.

D. João de Castro, um dos maiores discípulos de Pedro Nunes, foi um cosmógrafo eminente, além de ser um valoroso comandante. Nas viagens que fez no Oceano Índico e no Mar Vermelho experimentou os métodos de navegação e os instrumentos inventados por Pedro Nunes. Fez numerosas observações da declinação magnética no Oceano Índico e com base nestas observações concluiu não ser verdadeira a proporcionalidade entre a longitude e a declinação magnética proposta por João de Lisboa. Sob uma forma rudimentar temos aqui um dos primeiros exemplos da história da ciência em que uma teoria física, na qual se relacionam fenómenos físicos, é proposta e mais tarde derrubada porque as suas previsões estão em desacordo com os resultados experimentais.

Durante o século XVI a física que se conhecia e cultivava em Portugal era inteiramente dominada pela influência de Aristóteles. Uma extensa e profunda explicação das doutrinas físicas de Aristóteles e dos comentadores das suas obras encontra-se no livro *Comentarii Collegii Conimbricensis Societatis Jesus* da autoria do Padre Manuel de Góis. Em 1540 António Luiz, professor de Filosofia da Universidade de Coimbra publicou uma obra interessante intitulada *De occultis proprietatibus* na qual procura explicar diversos fenómenos físicos recorrendo à hipótese de que são devidos a atracções. Contudo não procura descrever

tal atracção sob uma forma quantitativa rigorosa de modo que a sua ideia não passa de mera hipótese impossível de ser ou não verificada na prática. Certamente que António Luiz estava muito longe de atingir a clareza de ideias e conceitos que levaram Newton a formular a lei da atracção universal.

III - DO SÉCULO XVII AO XIX

A partir do final do século XVI Portugal entrou num período de profunda decadência que nos impediu de participar activamente na revolução científica do século XVII. As causas desta viragem no destino do país são múltiplas e bem conhecidas. Portugal, tal como a Espanha, optou pela intransigente fidelidade à fé católica. Já no reinado de D. Manuel I muitos dos judeus que contribuíram para o desenvolvimento da cultura científica associada à exploração marítima, foram expulsos do país. Seguidamente D. João III introduziu o tribunal do Santo Ofício que desempenhou um papel primordial na depressão de toda a actividade intelectual livre. É curioso observar que na península Ibérica, o termo do século XVI fecha o ciclo de desenvolvimento científico iniciado por Afonso X em Toledo, no século XIII. No começo desse ciclo há tolerância religiosa, há mistura de diferentes culturas, há troca de ideias entre tradições distintas. No final do ciclo adopta-se uma posição meramente defensiva em relação às novas ideias e religiões do resto da Europa. Portugal perde a liderança do processo civilizacional que deteve durante várias décadas, encaminha-se para o isolamento e volta-se para o passado.

Além Pirenéus nos conflitos entre protestantes e católicos o estado teve melhores condições para ganhar independência ao assumir uma posição de árbitro entre o que eram agora apenas partidos religiosos no seu seio. A convivência de diferentes credos religiosos contribuiu também para a secularização do pensamento e favoreceu o desenvolvimento de uma disciplina da razão que é essencial ao discurso científico. Com o aparecimento da nova ciência no final do século XVII nasce a preocupação e a esperança de levar o método científico a cada ramo do pensamento e de fazer com que a ciência sirva a causa da indústria e da agricultura. A classe média apercebe-se do poder das aplicações da ciência e passa a tomar iniciativas para a fomentar.

No período que vai de 1600 até à reforma Pombalina da Universidade em 1772 há pouco a assinalar sobre actividade científica no domínio da física realizada em Portugal. Houve porém vários cientistas de extraordinário valor que nasceram em Portugal mas dadas as circunstâncias adversas viram-se forçados a emigrar para a Europa de além Pirenéus onde se tornaram célebres. O caso mais notável no domínio da física é o de João Jacinto de Magalhães que se celebrou em vários domínios da física experimental e foi membro das mais importantes academias científicas da Europa. Soares de Barros foi outro cientista português que emigrou e viveu em França durante muitos anos. Notabilizou-se em astronomia física ao fazer observações extremamente engenhosas e precisas para a época da passagem de Mercúrio diante do Sol em 1753.

É curioso observar que de entre as ciências físicas a astronomia é aquela que mantém uma tradição mais persistente ao longo dos séculos em Portugal. Esta tradição resultou naturalmente das importantes aplicações da astronomia à náutica, unanimemente reconhecida como utilíssima ao país. A cultura da astronomia foi feita de modo sistemático em Sagres por iniciativa do Infante D. Henrique e atingiu uma fase de grande esplendor com Pedro Nunes. D. Manuel I criou a cadeira de Astronomia na Universidade de Lisboa e a Companhia de Jesus, a quem D. João III entregou a responsabilidade do ensino da astronomia mostrou interessar-se pelo seu desenvolvimento. As primeiras efemérides astronómicas organizadas em Portugal foram publicadas por um membro da ordem, o Padre Eusébio da Veiga sob o título de *Planetário Lusitano*. A actividade dos jesuítas portugueses no domínio da astronomia manifestou-se também na China onde esta ciência era cultivada com especial interesse desde o início da civilização. O Padre António Rodrigues fez observações de eclipses do Sol e da Lua em Pequim e o Padre André Pereira fez na mesma cidade observações dos satélites de Júpiter.

Note-se porém que a física que entretanto nascia na Europa com notável dinamismo, ligada aos nomes de Newton, Galileu, Képler, Huyghens, Laplace, Lagrange, d'Alembert entre outros, não teve qualquer eco ou projecção no nosso país até ao final do século XVIII. Em Portugal continuava-se preso às doutrinas físicas e astronómicas de Aristóteles e Ptolomeu.

A reforma da Universidade de Coimbra, instituída em 1772 pelo Marquês de Pombal abriu um novo período na história da ciência em

Portugal. O alcance e objectivos deste notável projecto de renovação do ensino podem avaliar-se no *Estatuto da Universidade*, livro que o próprio Marquês de Pombal levou a Coimbra na data da instauração da reforma. A partir de então são chamados a Portugal professores estrangeiros e cientistas portugueses residentes fora do país. Traduzem-se inúmeras obras para português com o fim de actualizar o ensino na Universidade.

No reinado de D. Maria I continuou-se uma política de desenvolvimento das ciências através da modernização do ensino e da criação de novas instituições científicas. Em 1779 foi fundada a Academia das Ciências de Lisboa que serviu de precioso meio para divulgar e publicar as obras dos cientistas portugueses. A partir dessa época as *Memórias da Academia* constituem um elemento essencial de referência para conhecer e avaliar a actividade científica no país. Na Universidade organizou-se o Observatório Astronómico e desdobrou-se a cadeira de astronomia em dois cursos, um de astronomia esférica e outro de astronomia newtoniana. Neste domínio salientou-se de modo notável Monteiro da Rocha que foi o inventor de um método prático, de fácil aplicação, para determinar os parâmetros das órbitas dos cometas. Esta contribuição de grande valor para a ciência foi apresentada à Academia de Lisboa em 1782. É interessante notar que Monteiro da Rocha aplicou o seu método na determinação da trajectória do cometa Halley que brevemente será de novo visível. No reinado de D. Maria I iniciou-se em Portugal uma nova aplicação da astronomia com o desenvolvimento da geodesia através da triangulação do reino começada em 1784. Na mesma época o português Bento Sanches Dorta estabeleceu as fundações da astronomia no Brasil ao iniciar observações regulares dos astros.

Apesar do grande incremento na actividade intelectual e na divulgação de ideias e doutrinas o peso da inquisição continuou a fazer-se sentir no reinado de D. Maria I. Um exemplo bem triste é a condenação à prisão num convento dada pelo Tribunal do Santo Ofício a Anastácio da Cunha, eminente matemático e professor da Universidade de Coimbra.

Nesta comunicação não vou tratar em pormenor o século XIX nem tampouco o período que vem até aos nossos dias. Apenas referirei que no século XIX Daniel da Silva, matemático e físico teórico, realizou dois trabalhos de grande valor sobre estática que foram publicados nas *Memórias da Academia das Ciências* em 1850 e 1851. O primeiro é intitulado «Da transformação e redução dos binários de forças».

O segundo mais importante e de maior fôlego tem por título «Memória sobre a rotação das forças em torno dos pontos de aplicação». Trata-se de determinar o efeito das forças aplicadas a um corpo quando estas forças giram em torno dos seus pontos de aplicação conservando constantes os ângulos entre elas. Este trabalho era inteiramente original na época em que foi publicado e a sua projecção só não foi maior no resto do mundo devido ao nosso isolamento relativamente ao centro da Europa.

IV - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Creio ser importante salientar que no período mais glorioso da nossa história a cultura da ciência desempenhou um papel crucial. Com efeito sem o aperfeiçoamento e desenvolvimento de métodos de orientação por meio dos astros as navegações dos portugueses não teriam sido possíveis. Foi uma aplicação da ciência que tornou viável a exploração do mundo e a expansão do nosso império nos séculos XV e XVI.

Uma das características dominantes do desenvolvimento científico e tecnológico é ser um processo de «feed-back» positivo, que se regenera com o crescimento e por essa razão tende a seguir uma lei exponencial. O nosso caso é um belo exemplo deste mecanismo. Efectivamente a expansão ultramarina de Portugal teve como consequência a abertura de um vastíssimo domínio para o exercício da investigação científica: descobriram-se novas raças, novas culturas, novos idiomas e costumes; descobriram-se novas faunas e floras; passou a conhecer-se o firmamento do hemisfério sul e identificaram-se fenómenos naturais até então desconhecidos. As descobertas dos portugueses tiveram uma influência decisiva no desenvolvimento da Europa e contribuíram de modo importante para criar as condições propícias à revolução científica dos finais do século XVII.

Apesar de todos estes sucessos Portugal seguiu o seu destino numa outra direcção. Indiferente ao que a razão de hoje nos indicaria como sendo o melhor caminho. Actualmente a interdependência entre nações e a extensa e rapidíssima troca de informações à escala mundial tornam-nos muito mais conscientes das opções que temos e das escolhas que fazemos. E, para nós em Portugal, é bem grande o desafio que os países mais desenvolvidos nos lançam no campo da ciência e da tecnologia. Será que se compreende claramente que o desenvolvimento económico

e social dos países mais avançados se baseia no fomento das actividades científicas e tecnológicas a nível do ensino e dos meios produtivos? A título meramente exemplificativo daquilo que se foi perdendo ao longo dos séculos ocorre perguntar o que se passa hoje com a cadeira de astronomia da Universidade de Lisboa fundada por D. Manuel I. Aumenta ou diminui a distância que nos separa da investigação científica praticada actualmente com grande dinamismo nos países mais desenvolvidos?

As questões levantadas talvez não sejam meramente académicas porque são numerosos os sinais de que estamos no limiar de uma nova fase do processo evolutivo da economia mundial. Assiste-se nos nossos dias às primeiras consequências da transformação de uma economia baseada na energia numa economia baseada na informação. Nos anos de 1680, em pleno período da revolução científica, o físico francês Denis Papin concebeu e construiu a primeira máquina a vapor. Esta máquina serviu de paradigma e frequentes vezes de símbolo para a tecnologia dominante nos três séculos que nos separam de Papin. É uma tecnologia baseada numa utilização intensiva da energia que nos sugere um modelo mecânico de progresso no qual os avanços implicam necessariamente maiores dimensões, velocidades, temperaturas e pressões. Neste modelo mecânico a taxa de crescimento do consumo de matérias primas deverá exceder a taxa de crescimento da população, dos rendimentos e da produção industrial. Deste modo somos conduzidos a leis exponenciais de crescimento impossíveis de manter por tempo indefinido. Porém, recentemente, estamos a transformar, em ritmo acelerado, o modelo mecânico da tecnologia, baseado no consumo intensivo de energia, no modelo biológico da tecnologia, baseado na informação.

É evidente que os processos biológicos também consomem energia, contudo as suas funções organizam-se fundamentalmente com base na informação. Progresso num modelo biológico não significa necessariamente maior consumo de energia ou de matérias primas. Significa sim a substituição destes consumos por informação. Um exemplo eloquente é dado pelo cérebro humano que embora tenha massa e dimensões apenas cerca de 10 vezes superiores às do cérebro de um lémure, processa 10^9 vezes mais informação do que o cérebro do lémure. Note-se que esta espantosa miniaturização é muito superior à que se consegue com os actuais computadores comparando-os com os modelos iniciais e que é da ordem de 10^5 .

Tudo indica que, no futuro, os domínios científicos e tecnológicos associados à informação vão ter um desenvolvimento espectacular.

É o caso, entre outros, dos computadores, telecomunicações, electrónica, biogenética, processos químicos de baixa energia, robótica e automação. Em contrapartida as indústrias que tipificam o velho modelo mecânico de progresso tais como a siderurgia, as indústrias extractivas, a construção naval e os automóveis são susceptíveis de ter dificuldades crescentes. Se a hipótese da progressiva transformação da tecnologia da energia na tecnologia da informação é verdadeira as implicações para os diversos países serão crescentes, múltiplas e de profundo impacto sobre a sociedade. Novamente é a ciência que lidera e suporta o processo de ajustamento da humanidade às novas condições impostas por circunstancialismos internos e pelo meio ambiente. Novamente se coloca o dilema de saber se as nações têm ou não liberdade na escolha e orientação do seu futuro.

Bloomington, Indiana, E.U.A., 25 de Janeiro de 1985.

POSIÇÕES DE GARCIA D'ORTA E DE AMATO LUSITANO NA CIÊNCIA DO SEU TEMPO

A. J. ANDRADE DE GOUVEIA *

SUMMARY

Garcia d'Orta and Amato Lusitano, in the XVIth Century, contributed to the development of natural and applied sciences, especially «materia medica» and medicine.

On «materia medica», Amato Lusitano published *Index Dioscorides ...*, 1536 and *In Dioscorides ... enarrationes ...*, 1553, and in medicine *Curationum Medicinalium Centuriæ, prima to septima*, 1551-1561.

In his experimental work, he discovered, with absolute priority, with an anticipation of more than 50 years (1547), valves in major azygos vein, which is erroneously attributed to Fabricius ab Acquapendente (1603).

The work of Garcia d'Orta, *Coloquios dos simples, e drogas he cousas medicinais da India ...*, Goa, 1563, is the most important contribution of the epoch for the knowledge of new natural products, principally from India and Orient. The Latin translations of Clusius made it wordly known, and it had a great impact on the science of its time.

Garcia d'Orta and Amato Lusitano had similar University education, and distinguished themselves from other scientists of their time because they based their scientific activities exclusively on the true observation of facts, not handicapped by established points of view provided by beliefs, traditions or not founded interpretations. They are pioneers of the ideas later developed, for instance by Francis Bacon and Robert Boyle, that conduced to natural sciences and modern chemistry.

* Departamento de Química da Universidade de Coimbra.