

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

BIBLIOGRAFIA

(de obras impressas)

Estatutos da Universidade de Coimbra, Coimbra, 1772.Rómulo de Carvalho, *A pretensa descoberta da lei das acções magnéticas, por Dalla Bella em 1781, na Universidade de Coimbra*, Coimbra, 1954.—, *História do Gabinete de Física da Universidade de Coimbra* [...], Coimbra, 1978.António Alberto de Andrade, *Vernei e a Filosofia Portuguesa*, Braga, 1946.Francisco Rodrigues, *História da Companhia de Jesus na Assistência de Portugal*, Porto, 1931-1950.José Sebastião da Silva Dias, *Portugal e a Cultura Europeia (sécs. XVI a XVIII)*, Coimbra, 1953.Rómulo de Carvalho, *História da Fundação do Colégio Real dos Nobres de Lisboa (1761-1772)*, Coimbra, 1959.—, *Sobre os compêndios universitários exigidos pela Reforma Pombalina*, Figueira da Foz, 1963.Teófilo Braga, *História da Universidade de Coimbra*, Lisboa, 1892-1902 (vol. III).Teófilo Braga, *Dom Francisco de Lemos e a reforma da Universidade de Coimbra*, Lisboa, 1894.

A CONTRIBUIÇÃO PORTUGUESA PARA O CONHECIMENTO DO MAGNETISMO TERRESTRE NO SÉCULO XVI *

LUÍS DE ALBUQUERQUE **

SUMMARY

In this paper are referred the main contributions to the knowledge of the earth-magnetism which are own to the portuguese pilots, namely:

1. The systematic determination of the magnetic declination on board of the caravels and vessels with the wrong idea that the knowledge of that angle would give the longitude;
2. The drawing up of the «tratado» of the mariner's compass by João de Lisboa (1514), the most ancient text in which is described the making of the mariner's compass and in which is also explained the way to obtain the declination of the compass;
3. The numberless observations of the declination made by D. João de Castro, always critically analysed, which gave way to:
 - 3.1. The denial of the existence of any relation between the magnetic declination and the longitude;
 - 3.2. To the discovery of the phenomén afterwards called as «shifting of the compass»;
4. And to the great number of observations about natural magnetism made by the portuguese pilots, which enabled the making of the first theoretical studies about the phenomén, due to Stevin and Gilbert.

* O texto que segue condensa vários trabalhos que ao assunto tenho dedicado desde há mais de vinte anos, e repetirá, forçosamente, algumas das considerações feitas em publicações anteriores. Alguns comentários serão, porém, originais.

** Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciências, Centro de Estudos de História e Cartografia Antiga (Instituto de Investigação Científica Tropical).

1. O magnetismo terrestre foi conhecido desde a Antiguidade, como pode verificar quem percorrer a obra fundamental de Heinz Balmer¹. Com efeito, o seu Autor deu-se à tarefa meritória de exumar e traduzir de textos clássicos as mais importantes referências ao magnetismo natural de que teve conhecimento; mas não só isso: Balmer foi também obter das obras medievais a que teve alcance (como as de Alexandre Neckam e Petrus Peregrinus) informações mais modernas sobre esse fenómeno que parecia insólito aos observadores, e que em não poucas confusões ou em não poucos erros os induziu nos séculos XV e XVI, como terei oportunidade de adiante dizer.

Há que reconhecer, em todo o caso, que Balmer, pretendendo ocupar-se de todos os textos que teriam significado para a evolução do conhecimento do magnetismo terrestre, estava desde logo condenado a uma limitação grave quanto ao século XVI, por desconhecer as línguas ibéricas, lacuna que ele não confessa, mas que é patente pelo facto de, apesar de referir alguns autores hispânicos, no trabalhado índice com que termina a sua obra monumental, só ter traduzido em alemão para o seu livro um desses autores (e porventura, não da primeira fila), e a partir de uma versão quinhentista francesa!

O nosso propósito nesta comunicação é, principalmente, cobrir essas lacunas de Balmer; porque — digamo-lo desde já — a contribuição dos Portugueses de Quatrocentos e Quinhentos para o estudo desse fenómeno da Geografia Física foi fundamental, muito embora, em grande parte, ela tivesse partido de um equívoco, referente à variação de lugar para lugar da declinação magnética (a variação com o tempo deste ângulo em um mesmo lugar — ou seja, a variação secular — só mais tarde seria reconhecida). É desta variação da declinação de lugar para lugar, no mesmo instante, que em primeiro lugar nos ocuparemos.

2. Ainda hoje se discute — e a disputa será possivelmente interminável — qual foi o primeiro observador que se deu conta de existir em geral um desvio do eixo da agulha magnética para leste ou para oeste da linha geográfica norte-sul, como se discute quem terá sido o primeiro a dar-se conta de que tal desvio era em geral diferente em lugares distintos. De resto, tudo o que diz respeito à agulha de marear na Idade Média é extremamente incerto e discutível; por exemplo, se

a utilização da agulha na Náutica remonta pelo menos ao século XIII, é de todo em todo desconhecido quem pela primeira vez teve a ideia de a ela recorrer para se orientar no mar. Teria ela sido importada do Oriente através dos árabes? Teria sido Flavio Gioia, de Amalfi, quem na Europa primeiro a utilizou? Eis duas, entre as muitas perguntas, que se fizeram a propósito do tema, sem obter qualquer resposta segura.

Encontra-se na mesma situação o problema do primeiro conhecimento que hoje chamada declinação magnética. Quem primeiro teve conhecimento do fenómeno? Como é que ele se divulgou? Que observações levaram a uma falsa teoria sobre a sua variação no espaço terrestre?

As respostas a estas interrogações fundamentais para se compreender a evolução do conhecimento do Magnetismo terrestre têm de ser não só necessariamente cautelosas, como ainda apresentadas apenas na forma de hipóteses, a confirmar ou a corrigir com novos dados que sobre elas porventura se obtenham; efectivamente, não dispomos de dados que definam com segurança cronológica os vários passos dados na marcha do conhecimento, e no modo de aproveitar esses dados; tudo o que sobre tão importante tema se supõe saber, até a primeira década do século XVI, é incerto, controverso e, além do mais, discutível. Só o século XVI nos dará testemunhos suficientemente claros para pormos em ordem as ideias que, sobre os fenómenos magnéticos naturais, eram correntes nesse tempo.

3. A primeira pergunta de duvidosa resposta é a seguinte: quando foi reconhecida a chamada declinação magnética? Alguns autores endossam o seu reconhecimento a Cristóvão Colombo, mas Fontoura da Costa antecede-o de alguns anos, atribuindo-o já a construtores alemães de meados do século XV². Está fora dos meus objectivos empenhar-me nesta questão de prioridades, de que aliás a História das Ciências está repleta, sem grande proveito; mas não me esquivarei a dizer que tudo parece indicar, como salientou Teixeira da Mota³, que já antes das viagens de Colombo às Antilhas o fenómeno era conhecido, pois Bartolomeu Dias deu o nome de Cabo das Agulhas a um lugar ribeirinho da África do Sul onde, nesse tempo, era nula a declinação magnética; é certo, no entanto, que o topónimo só aparece registado em 1502. É bem evidente que isto não significa ser desconhecido de Colombo nesse tempo (1488) o fenómeno da declinação magnética; significa apenas, isso sim, que também era conhecido de Bartolomeu Dias, ou de algum dos seus marinheiros, que para o facto do Cabo das Agulhas se

situar numa linha agónica lhe chamou a atenção; e significa mais: que durante essa viagem já era conhecido qualquer meio de calcular praticamente o valor desse ângulo definido entre a suposta linha meridiana, marcada pela agulha magnética, e o meridiano geográfico.

De qualquer modo, porém, só no designado *Tratado da Agulha de Marear*, atribuído a João de Lisboa e datado de 1514 num manuscrito de meados do século XVI, que o inclui, vamos encontrar a prova inegável de que o fenómeno da declinação não só era conhecido como estava sujeito a medida.

Tratei há anos deste problema numa comunicação à Academia, dando o texto revisto do tratado e a sua tradução em francês⁴; mas considero que não será demais insistir no assunto, embora corra o risco de me repetir.

Assim, e em primeiro lugar, desejaria chamar a atenção para o facto do texto estar datado do já citado ano de 1514, mas João de Lisboa declarar nele, embora de um modo não inteiramente afirmativo, que fizera com Pêro Anes observações da declinação magnética, a partir da Estrela do Norte e do Cruzeiro do Sul, quando ambos se encontravam em Cochim. Como o piloto Pêro Anes foi morto na batalha da barra de Chaul, em que também perdeu a vida D. Lourenço de Almeida, tais observações terão sido feitas anteriormente a 1508, data da referida batalha, de resultados desastrosos para a armada portuguesa que nela se empenhou. A declinação magnética supunha-se erradamente relacionada então com a longitude; e de uma carta do piloto Pêro Anes para o Rei D. Manuel é lícito inferir que o autor ou transmissor dessa ideia bizarra tenha sido um certo Mestre Diogo, alemão, de quem aliás Pêro Anes se queixava ao Rei de não querer ensinar-lhe a «longitude de leste-oeste», solicitando ao monarca que o obrigasse a divulgar-lhe o segredo (ou que lhe ensinasse «o que no dito caso sabe»)⁵.

Se Mestre Diogo ensinou a «longitude» a Pêro Anes, tudo leva a crer que também lhe tenha dado a conhecer o modo de determinar a declinação magnética, pois baseava-se nela o falso método proposto para o conhecimento daquela coordenada geográfica, erro a que só D. João de Castro poria cobro, e com limitado sucesso, como adiante terei oportunidade de dizer; e, se assim foi, já antes de 1508 se determinavam declinações da agulha a bordo dos navios portugueses.

Esta afirmação poderá talvez ser confirmada pela célebre escala oblíqua de latitudes que se encontra traçada junto à Terra Nova numa carta atlântica de Pedro Reinell de c. 1504⁶, pormenor que, aliás, aparece

repetido em várias outras cartas dos séculos XVI e XVII. Dos estudos a que procederam vários historiadores da cartografia, apurou-se que tal escala de latitudes devia ser apenas consultada para os que navegassem junto aquela parcela da costa americana, e para se orientarem em relação a esta; ela foi introduzida no esboço para compensar a distorsão que o desenho dessa parcela de terra sofrera, em virtude deste ter sido delineado pelos métodos então usuais, ou seja, por rumos magnéticos e distâncias estimadas; estudos recentes de paleomagnetismo mostram que, de facto, no início do século XVI, a declinação magnética atingia um valor de cerca de duas quartas para leste naquela região.

A escala oblíqua de latitudes está, por consequência, relacionada com deformações do desenho da Terra Nova, relativamente ao traçado genérico da carta, devidas ao fenómeno da declinação; e todos os autores que se ocuparam do assunto estão de acordo em afirmar que o recurso a tal escala foi um hábil meio de atalhar os erros a que eram induzidos os mareantes que navegassem astronomicamente em tais paragens, guiando-se por cartas onde apenas existisse uma escala geral de latitudes. Todavia, nem todos encaram a escala oblíqua como a tradução prática de um prévio conhecimento da declinação da agulha magnética; para D. Gernez, por exemplo, o desenho da escala oblíqua é um subterfúgio que não implica esse conhecimento, antes parece apontar a ignorância das causas do defeito a que o cartógrafo pretendia obviar com ela; para outros, como Teixeira da Mota, não há qualquer dúvida de que Reinell emendava os erros do desenho por lhes conhecer a origem. Inclino-me para a última opinião, não só pelo topónimo Cabo das Agulhas atribuído a um promontório da costa sul africana, a que já aludi, como ainda por um outro testemunho, tirado do diário da viagem de D. Francisco de Almeida (1505) em que Teixeira da Mota também se abonou para defender o seu ponto de vista; com efeito, o autor desse diário, que sabemos ter sido Hans Muyr, referindo-se a um ponto da derrota traçada ao largo da costa do Brasil, quando se dirigiam para o Cabo da Boa Esperança, escreveu: «... se foram [os navegadores] ao Sul até 40 graus, e tinham ao meio-dia o Sol noroeste quarta de norte»⁷. Esta afirmação pressupõe o conhecimento de que ao meio-dia o rumo do Sol se desviava, pela bússola, do norte-sul geográfico; mas também é certo que ela levanta algumas dúvidas, em primeiro lugar por se ignorar como foi determinado o meio-dia, e em segundo por parecer excessivo o valor do ângulo apontado no texto.

4. Como dado seguro partamos, portanto, do tratado de João de Lisboa, onde aliás o Autor declara expressamente que usou o regimento do Cruzeiro do Sul como o já citado e célebre piloto Pêro Anes, para comparar os resultados através dele obtidos com os alcançados pela observação da Estrela Polar. Este pequeno texto, não obstante um erro que transmite, é da maior importância na história do magnetismo; efectivamente, através dele ficamos a saber: a) como se construía a agulha de marear que os pilotos desse tempo usavam; b) como a declinação magnética era tomada com pontarias às estrelas α Ursæ Minoris ou α Crucis (consoante a posição do observador) quando elas cruzavam a linha meridiana; e c) como João de Lisboa acreditava — e outros depois dele acreditariam também — que a declinação da bússola era o valor da longitude do lugar, partindo do pressuposto que a linha agónica coincidia com um meridiano. Além disso o tratado, quando refere a Estrela do Norte e a Estrela do Pé do Cruzeiro, aproveita a oportunidade para inserir as regras que permitiam deduzir de determinadas alturas desses astros a latitude do lugar.

Quanto ao problema da construção da agulha de marear, verifica-se que ela era feita já com bastante cuidado; no entanto, existiam dois modos de proceder quanto ao modo de fixar a agulha à rosa dos ventos: ou de maneira que a ponta norte da agulha coincidissem com a ponta norte da rosa; ou, alternativamente, de maneira que esta última ficasse a apontar o Norte geográfico no lugar de construção, o que exigia o conhecimento prévio da declinação magnética no lugar em que montava a rosa dos ventos.

Para medir a declinação magnética ou a diferença de declinações entre o lugar de construção e o lugar de observação, montava-se, perpendicularmente ao plano horizontal da caixa da bússola e sobre esta caixa, um semicírculo de arame, com um orifício numa das extremidades; por esse orifício e pelo fio de arame apontava-se para uma das estrelas indicadas no seu trânsito meridiano, procurando manter a caixa horizontalizada; a leitura do ângulo apontado pela extremidade norte da agulha, feita directamente nas divisões da parede interior da caixa, dava o valor da declinação. A esta operação chama o autor *bornear* a estrela pelos furos do seu instrumento.

No mesmo capítulo em que se descreve esta operação, João de Lisboa observa que, feita ela, o observador veria o afastamento, «se para o oriente se para o ocidente»; e continua: «e assim verás o paralelo em que estás, para saber quanto há-de dar por quarta [de declinação],

porque as quartas não são iguais em léguas [para todos os paralelos], por causa da estreiteza da esfera»³; a esta observação segue-se uma tabela onde desde o equador até o paralelo de 65°, e de cinco em cinco graus, se indica quanto vale, para cada um dos catorze círculos apontados, «cada quarta da agulha que te noroestear ou nordestear».

É evidente neste passo a relação directa admitida entre a declinação da bússola e a longitude. Repito ignorar de todo a origem desta ideia que não corresponde à realidade, e que o mesmo texto do tratado põe em causa, e por duas vezes, nos seus capítulos IX e X; da primeira vez quando admite que a linha agónica confundida com um meridiano, a que chama «meridiano vero», passava pela ilha de Santa Maria, «a ponta» da ilha de S. Miguel, sobre a ilha de S. Vicente, em Cabo Verde, e por um ponto, que não identifica, situado entre o Cabo da Boa Esperança e o Cabo Frio; da segunda vez, e em contradição com a afirmação do capítulo anterior que venho de resumir, e também com a tabela do valor da quarta para o paralelo de 40°, ao adiantar que, sendo de um quarto de quarta a declinação para nordeste em Lisboa, o meridiano vero deveria situar-se 62 léguas e meia a poente da capital do reino. Pelo que respeita ao primeiro passo, sabe-se bem que os três lugares referenciados se não encontram no mesmo meridiano; quanto a isso, no entanto, não podemos ser muito severos para com João de Lisboa, pois se ele conhecesse um método astronómico e prático para obter longitudes no mar, certamente teria dado pelo erro; não era o caso. Já o segundo erro cometido pelo Autor do tratado não tem desculpa: com efeito, ao afirmar que o meridiano vero distava 62,5 léguas de Lisboa, entrava em conflito com a matéria do capítulo anterior, pois aí dissera que tal meridiano passava sobre a ilha de Santa Maria, e esta situava-se a uma distância do continente europeu cerca de quatro vezes aquele valor. Aliás, estando Lisboa em 39° de latitude Norte o valor de uma quarta do seu paralelo não seria de 250 léguas, como afirma o capítulo X, mas sensivelmente 264 léguas, de acordo com a já referida tábua.

Apesar de não corresponder à verdade, esta ideia teve grande aceitação entre os marinheiros. E devo acrescentar que eles também admitiam que o meridiano ou linha agónica passasse pelas Canárias; mas em 1538, numa série de observações a que terei de me referir mais adiante, quando se encontrava nas proximidades dessas ilhas, D. João de Castro verificou experimentalmente que a agulha aí se lhe desviava 5° 30' para nordeste quando, pela «prática de muitos pilotos», escreveu,

se aceitara até então que «neste lugar e meridiano feria o norte de suas agulhas no verdadeiro pólo do mundo»⁹.

É esta, de resto, a primeira crítica que conheço ao texto de João de Lisboa. Castro, no entanto, procura explicar o erro em que o piloto e tantos outros com ele caíram, pois, ao referir-se ao resultado por si obtido na paragem das Canárias, lembra que ele podia ter a sua origem na circunstância de Ptolomeu ter feito passar por uma daquelas ilhas o meridiano que escolheu para início da contagem das longitudes apontadas na sua *Cosmographia*; com efeito, segundo sugere, esse facto podia ter levado alguns navegadores a pensar que a escolha do geógrafo alexandrino se baseara no conhecimento de «que na paragem destas ilhas não variam as agulhas coisa alguma»¹⁰). Permito-me chamar a atenção para a circunstância deste passo revelar, de um modo iniludível, que Castro não tinha a mínima ideia da variação secular da declinação.

5. O processo exposto por João de Lisboa para a determinação da declinação da agulha estava teoricamente bem fundamentado, mas era de difícil prática. O mesmo piloto se deve ter dado conta disso, pois rodeia a sua apresentação de um grande número de recomendações, que os operadores teriam de seguir com toda a atenção.

A mais antiga crítica que conheço ao processo exposto por João de Lisboa, encontra-se no *Tratado em defensão da carta de marear*, de Pedro Nunes, publicado em 1537 juntamente com o *Tratado da Esfera*. É de admitir, no entanto, que já antes desse ano o procedimento tivesse sido posto de parte por cosmógrafos e, talvez, por alguns pilotos, já que no *Tratado del Sphera y del Arte del Marear*, editado em 1535, mas licenciado para a impressão desde 1532, Francisco Faleiro não o inclui entre os vários métodos, todos baseados em observações do Sol, que apresenta como meios de se determinar o valor da declinação magnética¹¹.

As referências que o primeiro dos cosmógrafos citados dedica ao processo de borear a agulha pela estrela para se obter o valor daquele ângulo, constitui um dos passos em que ele manifesta, sem razão, a pouca credibilidade que lhe mereciam as observações dos pilotos. Como já ficou dito, alguns construtores de agulhas (sobretudo os franceses e os italianos) fixavam os ferros das suas bússolas às rosas-dos-ventos, de tal modo que a flor de lis ficasse apontada para o Norte geográfico local, ou seja, de tal modo que a linha norte-sul da rosa ficasse no plano do meridiano do lugar. Sendo assim, as leituras feitas na graduação da caixa, tomando a flor de lis como índice de referência, ficariam

todas afectadas do mesmo erro, igual à declinação no lugar de construção e no instante da montagem do instrumento. Em consequência disso, quando em qualquer lugar se determinasse a declinação magnética com duas agulhas de diversa origem, caso não se atendesse às constantes instrumentais de correcção, só se obteriam os mesmos resultados no caso, aliás bem pouco provável, em que a declinação magnética fosse a mesma nos lugares e nos momentos em que as duas agulhas usadas tinham sido montadas.

João de Lisboa explica de modo satisfatório estes factos; todavia Pedro Nunes, por desconhecer as razões do piloto, ou por não querer atender a elas, escreve: «Acerca do nordestear e noroestear das agulhas tenho por certo que elas não demandam o pólo, porque não vi agulha que nesta terra não nordesteasse; na quantidade do nordestear, posto que os pilotos o afirmam muito, não lhes dou crédito ...»¹².

Como se verifica, Nunes, ao contrário do que já foi adiantado por um grande historiador da ciência¹³, não duvidava da existência da declinação da agulha, para cuja medição, aliás, propôs processos em alternativa ao de João de Lisboa; apenas lhe repugnava acreditar, só com fundamento em medidas efectuadas por pilotos e navegadores, que esse ângulo pudesse variar de modo descoordenado que as observações destes apontavam — em virtude das diferentes maneiras de juntar a agulha à rosa.

Depois das palavras de crítica geral acima transcritas, Pedro Nunes visa de modo directo o processo proposto por João de Lisboa, escrevendo: «Bem pode ser que umas [agulhas] façam mais diferença do que as outras, mas eles [os pilotos] não podem saber a verdade disto, pela arte que dizem que para isto têm, a qual é borearem com a vista a agulha com a estrela; porque, além da estrela andar o mais tempo fora do meridiano, no borear cabe muito engano, e não se pode verificar isso bem por estrela, se não pelo Sol»¹⁴.

6. Poucos anos volvidos sobre esta crítica de Pedro Nunes as referências ao «borear» desaparecem dos textos náuticos ou com a Náutica relacionados¹⁵; em seu lugar aparecem vários processos que se baseiam no recurso ao Sol, e, como já disse, foram expostos nas obras de Francisco Faleiro e de Pedro Nunes. Vejamos, de um modo sumário, em que consistiam os quatro processos expostos pelo primeiro deste autores¹⁶.

O exposto no início do capítulo de Faleiro dedicado ao assunto baseia-se na observação directa do Sol ao meio-dia. Para esse efeito,

sobre a caixa de uma bússola, montada e com a parede interior graduada de acordo com as instruções de João de Lisboa, devia ser colocada uma lâmina semicircular de insignificante espessura, de modo que o seu plano ficasse perpendicular ao da face da caixa, e tivesse a orientação da linha Norte-Sul da sua graduação. A declinação da bússola obtinha-se por leitura directa quando ao meio-dia, e mantida a caixa horizontalizada, se deslocava esta até uma posição em que a lâmina não produzisse sombra. Com efeito, esta lâmina ficava então no plano vertical do Sol (isto é, no meridiano do lugar), e o eixo da agulha indicaria para leste ou para oeste da linha dos zeros o ângulo de que a agulha nordesteava ou noroesteava.

A grande dificuldade na utilização deste processo residia no conhecimento exacto do meio-dia, como aliás Faleiro adverte quando escreve que «tudo o que se errar em o conhecer, se errará na conta deste instrumento». Como meio de obviar a esta dificuldade, D. João de Castro aconselharia os observadores a acompanhar com o astrolábio a variação da altura do Sol, e a considerar como o instante do meio-dia aquele em que o astro atingia a sua maior altura, denunciada pela alidade do instrumento. Todavia, e tal como o mesmo autor havia de reconhecer, quando o Sol culminava muito próximo do zénite do observador, este procedimento seria impraticável, pelo facto do Sol «nos fazer muitas mostras», para usar palavras suas. Pelo seu lado Pedro Nunes haveria de observar que nas proximidades do meridiano o Sol mantinha-se em uma altura praticamente invariável durante um certo lapso de tempo, ficando-se então na incerteza do «ponto» exacto do meio dia. Talvez por estas dificuldades, o mesmo cosmógrafo que apresentava o processo considerava preferível que os seus leitores seguissem um qualquer dos três restantes.

O segundo deles baseia-se na fixação, pela sombra de um estilo, fixado no centro da caixa e perpendicularmente ao plano da sua tampa, de dois azimutes do Sol, quando este astro atingia iguais alturas antes e depois do meio-dia. Para se efectuarem as observações colocava-se o dispositivo sobre um plano horizontal, e orientado de tal modo que a linha dos zeros da graduação da caixa coincidissem com o eixo da agulha (portanto, com o norte-sul magnéticos); como a bissectriz do ângulo das duas sombras do estilo definia a linha norte-sul geográficos, a declinação magnética ficava logo determinada.

As vantagens deste processo sobre o anterior são evidentes: a mais significativa advinha de poder ser aplicado mais do que uma vez em

cada dia; além disso, porém, o observador podia escolher momentos do trânsito diurno aparente do Sol em que a variação da altura do astro fosse bastante mais rápida do que ao meio-dia; por último, mas não menos importante, conhecia-se um processo gráfico que permitia definir a linha meridiana do lugar¹⁷.

O terceiro processo apresentado por Faleiro baseia-se no mesmo princípio, mas dispensa a observação de alturas do Sol com o astrolábio: a determinação da linha norte-sul geográficos seria então determinada pela bissectriz do ângulo definido pelas sombras do estilo ao nascer e ao pôr do Sol, isto é, quando o astro tinha alturas iguais a 0°, antes e depois do meio-dia.

Este modo de proceder, bem como o anterior, foi seguido por D. João de Castro nas suas observações da declinação da agulha; ele dava, porém, preferência ao que se baseia em iguais alturas diferentes da altura 0°, que lhe permitia, como ficou dito, reptir a observação, o que, aliás, quase sempre fazia. No texto dos chamados *Roteiros* de Castro e em especial no *Roteiro de Lisboa e Goa*, de 1538, ele afirma aplicar o processo segundo instruções de Pedro Nunes, recorrendo a um instrumento construído, sob a orientação do cosmógrafo, pelo «grande» João Gonçalves, e que fora «aprovado» pelo infante D. Luís¹⁸; Nunes, na verdade, descreve o processo no seu *Tratado em defensão da carta de marear*, já várias vezes aqui citado, com uma diferença em relação a Faleiro: enquanto este manda colocar a bússola centrada na caixa de suporte, Pedro Nunes aconselha a sua colocação numa posição excêntrica, para assim o estilo poder mais facilmente ser cravado no centro.

Como já tive oportunidade de dizer, estas circunstâncias colocam um problema da prioridade. Teria Pedro Nunes, anos antes da edição do seu *Tratado da Esfera*, concebido e divulgado o processo, e ter-se-ia Faleiro aproveitado disso? Ou foi, pelo contrário, Pedro Nunes que se apropriou desse passo da obra do seu compatriota residente em Sevilha? Não é possível responder a estas perguntas; todavia, não tenho qualquer repugnância em aceitar que os dois cosmógrafos, trabalhando em ambientes náuticos com sensivelmente o mesmo grau de desenvolvimento, tivessem chegado, independentemente um do outro, à mesma solução para um problema que tanta importância tinha para os navegadores.

O quarto e último processo apresentado por Francisco Faleiro, e sobre o qual Pedro Nunes nada diz, está errado. Ele pretendia obter a declinação magnética observando o rumo da agulha do nascimento

ou do pôr do Sol; no entanto, ignorando como o azimute de um astro depende da sua declinação e da latitude do observador, não acerta com as regras que aponta para o cálculo de declinação e que, no seu tratado, são as seguintes:

$$\begin{aligned}\sigma &= \mu \text{ quando } \varphi = \delta \\ \sigma &= \mu + (\varphi - \delta) \text{ quando } \varphi \neq \delta;\end{aligned}$$

nestas igualdades σ indica a declinação magnética, φ a latitude do lugar, δ a declinação do Sol e μ o arco entre o ponto de nascimento [ocaso] do Sol e o ponto de leste [oeste] — que se chama amplitude ortiva [occidua] do Sol.

As duas igualdades não são exactas. A primeira traduz a ideia errada de que o Sol deveria nascer no ponto leste do horizonte quando descrevesse um círculo de declinação igual à latitude do observador, e de facto essa igualdade só tem lugar, para qualquer latitude, quando o Sol se encontra no equinócio¹⁹. E a segunda expressão também não é correcta porque Faleiro não atendeu ao facto ser

$$\sin \mu = \frac{\sin \delta}{\cos \varphi}$$

Devo acrescentar que este processo seria em 1538 aplicado por D. João de Castro, e de um modo correcto, no caso em que se encontrava no equador ($\varphi = 0^\circ$); nesse caso é, evidentemente, $\mu = \delta$, ou, como diz Castro: em tais circunstâncias «acontecerá sempre que o arco do horizonte que fica entre o Sol quando nasce e a equatorial, ao qual chamam os matemáticos largura do nascimento do Sol²⁰, seja igual à declinação que houver nesse dia»; e logo em seguida o Autor regista um caso concreto desta aplicação²¹. Todavia, no caso geral, o método só pôde ser rigorosamente aplicado depois de João Baptista Lavanha ter construído, já no final do século XVI, as primeiras tábuas de amplitudes ortivas, donde se podia inferir μ a partir dos valores de φ e δ ; no início do século imediato Manuel de Figueiredo revê-las-lhe e procederia à sua impressão numa das suas obras dedicadas a problemas de Náutica.

7. Volto porém ao método proposto no tratado de João de Lisboa para uma pretensa determinação de longitudes. Vários pilotos e cosmó-

grafos a terão aceite, e assim afirma Alonso de Santa Cruz no seu *Libro de las Longitudes* a respeito do seu compatriota Filipe Guillén²², que o teria pretendido vender a D. João III, de quem veio, aliás, a receber favores. Todavia, as fontes portuguesas (e, entre elas, umas trovas de Gil Vicente²³) pretendem que Guillén, boticário de profissão, não passava de um embusteiro, vindo a cair em desgraça junto do Rei, e a ser forçado a emigrar para o Brasil, quando alguém o desmascarou. A meu ver, a história carece de confirmação, porque se sabe hoje não ser exacto que o castelhano caísse no desagrado do Rei Piedoso; da cidade de Salvador, onde se fixou, escreveu ao seu protector várias cartas, divulgadas há pouco menos de vinte anos; elas mostram que o soberano continuava a utilizar-lhe os préstimos, e certamente o não faria se tivesse dele tantas razões de queixa quanto a sátira de Gil Vicente deixa subentender.

De qualquer modo, só em 1538 D. João de Castro, na sua memorável viagem de Lisboa para Goa havia de reunir observações suficientemente cautelosas e convincentes para negar de um modo categórico a presumível relação directa entre declinação e longitude, que o pequeno tratado de 1514 divulgara.

No texto do roteiro que escreveu durante essa viagem, Castro vai registando as suas observações da declinação magnética, quase sempre pelo terceiro processo que mencionei no parágrafo anterior. As 56 observações feitas e os comentários pertinentes que o Autor quase sempre lhes dedica, fazem com que esta obra possa e deva ser apontada como a primeira que contém uma substancial contribuição para o estudo do magnetismo terrestre, e com resultados que devem ser considerados como notáveis, apesar das imperfeições dos instrumentos da época (e Castro tinha com eles todos os cuidados) e das condições difíceis em que se tinha de observar (a bordo de uma nau, sujeita aos balanços que o mar lhe provocava).

A primeira conclusão importante que D. João de Castro pôde inferir da sua persistência nas observações, teve lugar quando já havia registado no texto os resultados de 17 «operações» (como ele dizia), e levaram-no a uma conclusão peremptória: «Destas operações fica claro que a variação que fazem as agulhas não é por diferença de meridianos, pois na cidade de Lisboa nordesteam $7^\circ 30'$, e estando agora em seu meridiano [segundo o ponto estimado que decerto lançara na carta], nordesteam 19 ou 20 graus»²⁴.

Aliás Castro não se atreve a propor outra lei de relacionamento entre os dois valores angulares em causa, como alternativa à pseudo-lei de João de Lisboa; cautelosamente, apenas observa: «Mas parece que [as agulhas] têm outros respeito [diferente da variação proporcional à longitude], o qual até o dia de hoje não é chegado a minha notícia»²⁵.

Destas duas observações parece-me estar autorizado a inferir que: a) a navegação estimada, depois de praticada por gerações de pilotos, podia conduzir a valores muito aproximados, visto a primeira observação de D. João de Castro nos parecer hoje absolutamente justificada; b) a medida, praticamente diária, da declinação magnética permitira-lhe corrigir erros que se transmitiam de piloto a piloto, pelo menos desde 1514; c) um conhecimento de erros que, a cada momento, terá detectado na Geografia que recebera do passado e, de um modo geral, nos conhecimentos tradicionais, levaram-no a uma prudência que se consolidava na posição de nada arriscar a respeito da explicação teórica de um fenómeno bem conhecido de todos os navegadores.

Como deixa entrever R. Hooykaas²⁶, num monumental ensaio que dedicou à sua obra, D. João de Castro terá sido, sob certos aspectos, uma figura de transição da Idade Média para a Idade Moderna. Mas também foi, sem qualquer dúvida, um precursor de certas ideias modernas, particularmente nas dúvidas que levantava às explicações fáceis de fenómenos que não submetera a uma análise experimental e, sobretudo, na recusa permanente a construir qualquer teoria fundamentada para o que podia observar e lhe parecia e era fugidio; todavia, quando podia dispor de boas condições de observação, saltava a fronteira das dúvidas, e apresentava com clareza as suas interpretações, correctas pelo menos em dois casos, como irei aqui exemplificar com aquele que considero mais notável.

8. Aliás os textos mostram que Castro não só procedia com toda a meticulosidade às suas observações e, em especial, às da determinação da declinação magnética, como dava mais peso às utilizadas com mar chão ou em terra²⁷, preferindo sempre desembarcar, quando estava em situação de o fazer, para proceder às «operações» que lhe davam o valor daquele ângulo. Além disso, sempre que tal lhe era possível, repetia as observações num mesmo lugar ou em lugares próximos, usando várias agulhas ou a mesma agulha e várias alturas do Sol. Os resultados assim obtidos eram cuidadosamente confrontados, não deixando Castro de registar no texto de maneira bem clara as diferenças

com que porventura se deparava. Tais anomalias preocuparam-no sempre, levando-o em todos os casos a indagar das causas que as provocavam, muito embora nem sempre tivesse alcançado para elas uma justificação que o satisfizesse; em todo o caso, foi este modo de proceder que o levou, depois de uma persistente análise dos resultados obtidos nas suas observações, a descobrir um fenómeno que, nos dados históricos que em alguns livros podemos ler a respeito do magnetismo terrestre, é atribuído a Denis e datado de 1666; ora, na verdade, ele já era conhecido de D. João de Castro desde 2 de Agosto de 1538!

Direi resumidamente como o futuro governador da Índia procurou com persistência, durante mais de dois meses, uma explicação para anomalias que detectava nas suas observações magnéticas, e pôde acabar por descobrir o fenómeno que mais tarde foi chamado «desvio da agulha».

Foi em 29 de Maio de 1538, quando navegava ao largo da costa do Brasil, que ele anotou as primeiras observações inaceitáveis, não só ao determinar a declinação magnética pelo processo da fixação da linha meridiana pela bissectriz do ângulo definido pela sombra do estilo para iguais alturas do Sol, antes e depois do meio dia, como ainda ao recorrer à poma para determinar a latitude do lugar a partir de duas alturas do Sol, dos azimutes magnéticos e da declinação do astro, processo proposto por Pedro Nunes e a que o Autor chamou «altura do Sol a toda a hora». Quanto ao primeiro aspecto, Castro encontrou, a partir de uma observação, uma declinação de 16° 15' para nordeste que logo classifica de «impossível», por comparação com o valor obtido no dia anterior, em que encontrava um ângulo de 4° 30', também para nordeste. Na realidade, essa diferença de valores, para um observador que, se declarava desconhecedor da lei da variação das declinações magnéticas de lugar para lugar, não podia ser considerada seguramente como «impossível»; mas já era inaceitável a latitude de 23° 30' Sul, obtida pelo processo acima referido, pois no dia anterior a nau em que ia embarcado se localizava em 18° 30' Sul, e sobretudo porque, operando o mestre e o piloto com a altura do Sol ao meio-dia, ambos encontraram no valor de 19° 15' Sul, marcando uma acentuada diferença em relação ao obtido por Castro. Aliás este, se numa anotação à margem da folha chamou a atenção para a primeira anomalia, a que chama «erro na operação no variar as agulhas», não deixa de anotar a diferença da latitudes encontrada, culpando da discordância o processo por si adoptado, pois escreveu, igualmente em nota marginal: «lugar onde

a altura a toda a hora me faltou»²⁸. Por outro lado, ele desistiria mesmo de encontrar uma explicação para tais discordâncias, apenas levantando uma suspeita quanto ao problema: «A causa do desconcerto que me hoje fizeram as operações não pude alcançar, nem a que o atribuir, salvo que o dia dantes mandei endireitar a agulhinha do instrumento, e que neste bulir se podia destemperar»²⁹.

Se no dia 30 de Maio ainda encontrou para a latitude, obrando sobre a poma, valores diferentes entre si — e também distintos do número obtido pelo processo clássico da altura meridiana do Sol; — mas nesse mesmo dia as operações feitas para obter diversos valores da declinação já se apresentam mais ou menos concordantes, ou «conformes», como preferia dizer D. João de Castro. Daqui a conclusão, que enuncia com o título de «Corolário»: «Destas coisas se segue que a agulha do instrumento estaria bem concertada, pois de tantas observações [fizera quatro] se verificou o variar das agulhas, e em todas vieram os arcos mui conformes ...».

Na verdade, seria de esperar que Castro se interrogasse logo sobre a causa que ocasionaria valores divergentes para a latitude, quando considerava concordantes os quatro obtidos para a declinação; em todo o caso não o fez, e deu-se por satisfeito com a concordância das medidas a que procedeu, entre si bastante aproximadas.

Mais tarde, porém (a 18 de Junho), dar-se-ia conta de que uma pequena diferença nos arcos medidos podia ter sensível influência na aplicação do processo da «altura do Sol a toda a hora», embora influenciasse pouco os valores da declinação magnética; com efeito, Castro escreve com toda a clareza: «Desta operação e de algumas que vão atrás, parece que para o sentido do nordestear das agulhas estorva pouco um grau mais ou menos na quantidade dos arcos, mas para da demonstração da poma virmos a alcançar a elevação do pólo, é erro mui notável; ...»³⁰.

As anomalias, contudo, apresentar-se-iam também nas medidas da declinação da agulha. Assim, já a 2 de Junho de 1538, Castro procedera a duas observações desse ângulo, e obteve resultados discordantes; os valores encontrados diferiam de 5°, o que era evidentemente inaceitável, e que logo de novo (e desta vez com mais razão!) classificou de «impossível». O caso iria, de resto, repetir-se diversas vezes, nomeadamente no dia 30 de Junho de 1538: em quatro observações realizadas nesta data, a última viria a diferir 4° das anteriores, diferença já demasiado forte para ser aceitável; por isso mais tarde, quando Castro chegou

a conhecer a causa destas diferenças, ele escreveria em nota marginal: «Esta operação veio fora das outras e mui fora de razão; a causa disto se verá (...)»³¹.

Efectivamente, a origem de tais anomalias, com frequência registadas por Castro desde o dia 29 de Maio, só viria a ser reconhecida a 2 de Agosto, quando a nau que comandava se encontrava ancorada no porto de Moçambique. Nesse dia, ao pretender mais uma vez verificar a variação das agulhas, Castro suspeitou que o instrumento de sombras em que lia os azimutes magnéticos do Sol não se encontrava em boas condições; tendo-se decidido a aferi-lo com diversas agulhas, encontrou estas «tão desconcertadas que foi coisa espantosa, porque onde uma fazia o leste a outra mostrava o norte»³². Esta profunda diferença levou D. João de Castro a rever com todo o cuidado todas as condições em que observava, o que pôde, finalmente, levá-lo à compreensão da causa dessa e de todas as anomalias até então anotadas. Diz o Autor: «Isto me teve muito suspenso, até que entendi a causa, e foi um berço, que estava no mesmo lugar onde eu queria fazer as operações; o ferro do qual berço chamava a si as agulhas e as fazia desviar desta maneira»³³. Castro acabava de descobrir um fenómeno a que veio a ser dado depois o nome de «desvio da agulha», como já ficou dito; e logo reconheceu também que era essa a causa de algumas das discrepâncias que encontrara entre as medidas desde as paragens do Brasil, facto que ele mesmo registou no seu texto: «do que tirei que uma operação que fiz a 30 de Junho no meridiano que está para leste do Cabo das Agulhas 5 graus e meio, a qual achei que me vinha muito desconcertada, e assim algumas outras que fiz na paragem do Brasil, onde achei notáveis diferenças, que foi por as fazer perto donde estava alguma peça de artilharia, âncoras ou qualquer outro ferro, quando me passava a todas as partes da nau, buscando lugar conveniente a esta obra»³³.

Historiei esta descoberta de D. João de Castro a título de exemplo; efectivamente, a meticulosidade com que ele executava as suas observações havia de permitir-lhe mais tarde descobrir também o fenómeno depois denominado «atração local». E assim o grande governador e vice-rei da Índia merece com toda a justiça ser citado como um dos pioneiros da Física da observação — se não mesmo da Física experimental.

9. Se a descoberta do desvio da agulha abona a persistência e as grandes qualidades de observador que D. João de Castro possuía, as suas conclusões peremptórias de que a relação directa entre longitude

e declinação magnética divulgada por João de Lisboa não tinha qualquer fundamento, devia necessariamente ter grande repercussão na arte de navegar. Aliás, o Autor dos *Roteiros* não alude ao assunto apenas no passo que atrás transcrevi do mais antigo deles, ou seja, o *Roteiro de Lisboa a Goa*; ocupa-se do caso em outros lugares do mesmo texto, adoptando sempre a mesma atitude crítica. Citarei como casos típicos:

a) As conclusões que soube tirar de observações feitas junto das ilhas Canárias, a que aliás, já me referi; aí, como diz, por «prática de muitos pilotos (...) o norte de suas agulhas feria o verdadeiro pólo do mundo»³⁴; ora das suas operações Castro — que nem sequer suspeitava, como já disse, da variação secular da declinação — concluiu que a linha norte-sul magnética se desviava 5° 30' para nordeste, meia dúzia de léguas a norte da ilha de Palma, o que punha em causa a tal «prática de muitos pilotos». Além disso, encontrando-se alguns dias mais tarde no meridiano daquela ilha verificou que se mantinha o nordestear de 5° 30' — ou seja, que a linha agónica não se confundia com um meridiano que cruzasse as Canárias. Em todo o caso, esta observação poderia sugerir que, embora não passando a linha agónica pelas Canárias, as linhas de igual declinação eram meridianos; outros comentários de Castro, porém, põem claramente em causa tal ideia, como aliás já ficou dito;

b) De observações feitas no dia 11 de Maio de 1538 o Autor verificou que a agulha lhe nordesteava 5° 45', quando acreditava encontrar-se, pelo seu ponto estimado, a 3° a oeste de Lisboa; aqui o conflito com as ideias expandidas por João de Lisboa era flagrante: a agulha desviava-se do meridiano para nordeste e o observador encontrava-se no semi-meridiano oposto em relação a Lisboa;

c) De observações feitas em 20 de Maio do mesmo ano, em que o piloto, considerando-se, pelo ponto estimado, a 12° para oeste do Cabo de S. Vicente, considerava [= vinha dizendo] que a declinação da bússola devia ser nula;

d) Por último, nas determinações de 10 de Junho de 1538, já aqui referidas, com evidente discrepância entre a longitude referente ao presumível «meridiano vero» e a declinação observada.

Insisto no facto destas observações negarem terminantemente a falsa lei de João de Lisboa porque esta, na aparência, não seria abandonada pelos navegadores. Na realidade, mesmo depois das advertências de D. João de Castro, as determinações da declinação magnética a bordo dos navios portugueses continuou a ser feita com regularidade, constituindo um conjunto importantíssimo de dados para o estudo posterior do magnetismo terrestre, de que vieram a aproveitar-se, em primeiro lugar, Gilbert e Stevin.

De qualquer modo, creio poder assegurar que tais valores da declinação da agulha já não eram então tomados como indicativos de longitudes. O mesmo D. João de Castro, depois de ter chegado a uma conclusão que liminarmente rejeitava a ligação directa entre a declinação magnética e a longitude, continuou, no *Roteiro de Lisboa a Goa* e nos dois outros que depois redigiu, a dar muita importância ao nordestear e ao noroestear das agulhas; a sua determinação, segundo palavras suas, tinha interferência na boa navegação que os pilotos fizessem, pois para a correcção da navegação que levavam importava ter em conta o correr das águas e o noroestear das agulhas [no Índico]³⁵.

Em outros textos mais modernos que até nós chegaram são também frequentes as alusões à declinação como dado de referência importante para se escolher o rumo mais conveniente na viagem pretendida, ou para confirmação de que o navio se encontrava na derrota certa. Assim, e para dar um exemplo, são muito vulgares passos como os que a seguir transcrevo de um capítulo intitulado «Viagem de Angola para Lisboa»: «e sendo em altura de 17°, se a agulha nordestear 6°, vão bem navegados»; «e se em altura de 30° a agulha nordestear 4 ou 5° vão bem navegados, e chegados para leste sempre a agulha lhes irá nordesteando, ...»³⁶.

Aliás registos da declinação encontram-se em diversos diários de bordo do final do século XVI e do início do século imediato que Quirino da Fonseca e Humberto Leitão publicaram³⁷.

Que quer isto significar? A resposta à pergunta não é difícil quando nos lembrarmos que nesse tempo ainda não fora reconhecida, como já disse, a variação secular da variação magnética; isto significa que, melhor do que a cor das águas, o aparecimento de certos pássaros, o encontro com determinados cardumes de peixes ou a vista de certas particularidades no mar, a declinação magnética podia ser um bom indício (ou uma boa «conhecença», como então se dizia) do lugar em que o piloto se encontrava. Se não erro, é nesse sentido que os pilotos da segunda metade do século XVI exclusivamente a ela atendiam, ultra-

passada que fora a fase, graças às observações de D. João de Castro, de se aceitar que podia ser um indicativo da longitude.

Aliás, de tal modo se acreditava na perenidade do valor da declinação em cada ponto, que o P.^o italiano Cristóvão Bruno chegaria a propor para uso náutico, já no século XVII, cartas cobertas de uma rede de paralelos e de isogónicas, na ilusão de que através da latitude e da declinação magnética, medidas a bordo, se pudesse fixar com todo o rigor a posição diária do navio. Acrescente-se, para finalizar, que tal ideia talvez não fosse original; de facto, dispomos do fragmento de planisfério do cartógrafo Luís Teixeira, datável de c. 1485, que representa uma pequena área do Pacífico; encontram-se nela traçadas linhas isogónicas muito regularmente distribuídas, o que levou Teixeira da Mota a considerá-las como «linhas teoricamente desenhadas»³⁸. Penso, de qualquer modo, que este mais antigo desenho conhecido de isogónicas pode indicar que já através delas, e dos paralelos (ou respectivas escalas de latitudes) procuravam os pilotos desse tempo resolver em definitivo o problema da determinação do ponto no mar. Caminho que só um melhor conhecimento das variações do magnetismo terrestre viria a mostrar ser ilusório.

Coimbra, 21 de Dezembro de 1984.

NOTAS BIBLIOGRÁFICAS

- ¹ Heinz Balmer, *Beiträge zur Geschichte der Erkenntniss des Erdmagnetismus*, Aarau, 1956.
- ² Fontoura da Costa, *Marinharia dos Descobrimentos*, hors-texte apud, p. 178, Lisboa, 1960.
- ³ *Actas do Congresso Internacional de História dos Descobrimentos*, vol. II, p. 197, Lisboa, 1960.
- ⁴ *O «Tratado da Agulha de Marear» de João de Lisboa; Reconstituição do seu texto, seguida de uma versão francesa com anotações*, Coimbra, 1982.
- ⁵ Luís de Albuquerque, *Estudos de História*, vol. I, p. 57, Coimbra, 1974.
- ⁶ A. Cortesão e A. Teixeira da Mota, *Portugaliae Monumenta Catrographica*, vol. I, Est. 8, Lisboa, 1960.
- ⁷ *O Manuscrito de Valentim Fernandes*, p. 14, Lisboa, 1940.
- ⁸ Separata citada na nota 4, p. 146.
- ⁹ *Obras Completas de D. João de Castro*, ed. de A. Cortesão e L. de Albuquerque, vol. I, p. 128, Coimbra, 1968.
- ¹⁰ *Ibidem*, p. 132.
- ¹¹ Esses processos são, em parte, repetidos numa obra de Pedro Nunes; o que já levantou questões de prioridade. Adiante voltarei ao assunto.
- ¹² Pedro Nunes, *Obras*, vol. I, p. 199, Lisboa, 1940.
- ¹³ Millás Vallicrosa, *Nuevos Estudios sobre Historia de la Ciencia Española*, p. 328, Barcelona, 1930.
- ¹⁴ *Loc. cit.* na nota 12, *idem*.
- ¹⁵ Com uma única excepção do meu conhecimento: a de Rodrigo Çamorano, no seu *Compendio del Arte de Navegar*, Sevilha, 1591.
- ¹⁶ *Tratado del Sphera y del Arte del Marear*, ed. facsimilada de Joaquim Bensaúde, pp. 61-64, Munique; 1915.
- ¹⁷ O processo consistia em traçar um círculo em plano horizontal, colocar perpendicularmente ao seu plano e no seu centro um estilo, e desenhar a trajectória da sombra da extremidade superior do estilo; a linha assim traçada cortaria, em dois pontos, se as dimensões do círculo e do estilo fossem convenientemente escolhidas, o círculo traçado; esses dois pontos definem com o centro do círculo um ângulo cuja bissectriz é a linha meridiana.
- ¹⁸ *Obras Completas de D. João de Castro*, vol. e ed. cit., p. 199.
- ¹⁹ Como aliás escreveu Pedro Nunes em resposta a Martim Afonso de Sousa, no «Tratado sobre certas dúvidas da navegação» em *Obras*, ed. e vol. cit., pp. 159-174.
- ²⁰ Acima designada por «amplitude ortiva» do Sol.
- ²¹ *Obras Completas de D. João de Castro*, ed. e vol. cit., pp. 256-258.
- ²² Já há alguns anos escrevi que a obra de Santa Cruz, na sua edição de 1922, está cheia de lapsos imputáveis à pouca atenção do copista, sem que o editor lhe tivesse corrigido a mão; é, na verdade, inadmissível que o cosmógrafo tivesse cometido alguns dos disparates que no livro se lêem. Redijo esta nota no momento em que recebo a notícia de ter sido publicada nova edição da obra!

- 23 *Obras Completas de Gil Vicente*, ed. Marques Braga, vol. VI, pp. 197-200.
 24 *Obras Completas de D. João de Castro*, ed. e vol. cits., p. 184.
 25 *Ibidem*.
 26 *Obras Completas de D. João de Castro*, vol. IV, pp. 231-426, Coimbra, 1981.
 27 Ver por exemplo, e respectivamente, *Obras Completas de D. João de Castro*, ed. cit., vol. I, p. 166 e vol. II, p. 307.
 28 *Idem*, vol. I, p. 171.
 29 *Ibidem*.
 30 *Obras Completas de D. João de Castro*, ed. cit., vol. I, p. 192.
 31 *Idem*, p. 210.
 32 *Ibidem*, p. 243.
 33 Os dois últimos trechos citados podem ser lidos no *loc. cit.*, vol. I, pp. 243-244.
 34 *Idem*, vol. I, p. 128.
 35 *Obras Completas de D. João de Castro*, ed. cit., vol. I, p. 177.
 36 Gabriel Pereira, *Roteiros Portugueses da Viagem de Lisboa à Índia*, pp. 162-167, Lisboa, 1898.
 37 Quirino da Fonseca, *Diários da Navegação da Carreira da Índia*, Lisboa, 1938 e Humberto Leitão, *Viagens do Reino para a Índia e da Índia para o Reino*, 2 vols., Lisboa, 1958. Os aspectos náuticos de alguns destes diários foram estudados com minúcia por Joaquim Rebelo Vaz Monteiro, em *Estudo Cartográfico de uma Viagem à Índia no Século XVI*, Porto, 1970 e *Viagem de Regresso da Índia da Nau «S. Pantaleão» em 1596*, Coimbra, 1974. Um trabalho póstumo deste Autor sobre o mesmo assunto encontra-se no prelo.
 38 Em informação oral prestada pelo Autor.

FÍSICA E FILOSOFIA DA NATUREZA NA OBRA DE INÁCIO MONTEIRO

RESINA RODRIGUES *

SUMMARY

Inácio Monteiro, 1724-1812 graduated in Portugal (from Évora and Coimbra) was a professor in Italy (Ferrara). In the quarrel which set up the Cartesians against the Newtonians he is a conciliatory Cartesian. He admits that the Gravitation law allows a most accurate description of the celestial movements, on the other hand, being faithful to the requirements of the action by contact, he thinks that behind the law there must exist a deeper mechanism, which accounts for the reason why Gravitation shouldn't be regarded as a fundamental law but merely an approximate formulation. This same belief in the action by contact makes him blind to the importance of factorizing \vec{dp} into $\vec{F} dt$.

I - VIDA E OBRA ¹

Inácio Monteiro nasceu em Lamas, no distrito de Viseu, a 16 de Janeiro de 1724. Aos 15 anos entra para a Companhia de Jesus, no Noviciado de Évora. Na Universidade de Évora estuda filosofia, ciências naturais e matemática, obtendo o título de «Mestre em Artes». De 1748

* Instituto Superior Técnico, Departamento de Física.