

**António Manuel Bule Malveiro**

**«A Theorica Verdadeira das Marés  
conforme à Philosophia do incomparavel cavalhero  
Isaac Newton»,  
um estudo e comentário**

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Física para o Ensino  
apresentada na Universidade de Évora

**Sob a orientação do Professor Doutor Augusto Fitas**

(Esta dissertação não inclui as críticas e sugestões feitas pelo júri)

**Évora**

2007

**António Manuel Bule Malveiro**

**«A Theorica Verdadeira das Marés  
conforme à Philosophia do incomparavel cavalhero  
Isaac Newton»,  
um estudo e comentário**



169092

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Física para o Ensino  
apresentada na Universidade de Évora

**Sob a orientação do Professor Doutor Augusto Fitas**

(Esta dissertação não inclui as críticas e sugestões feitas pelo júri)

**Évora**

2007

## **RESUMO**

A obra intitulada *Theorica Verdadeira das Marés conforme à Philosophia do incomparável cavalheiro Isaac Newton* de Jacob de Castro Sarmiento (1691?-1762), constitui um comentário-adaptação em português do que Isaac Newton teria escrito a propósito da explicação do fenómeno das *marés*, enquanto consequência da força de atracção gravítica sobre a massa líquida dos oceanos terrestres, e foi através dela que os portugueses puderam, no seu próprio idioma e pela primeira vez, contactar com as ideias do filósofo inglês. O autor, Jacob de Castro Sarmiento, estudou nas Universidades de Évora e Coimbra e, formado em medicina nesta última, abandonou o país para nunca mais cá voltar. Instalado em Londres, membro da Royal Society, é considerado o introdutor das ideias de Newton em Portugal. Esta obra, apresentada em 1737, é um dos primeiros textos de divulgação do newtonianismo fora de Inglaterra, a par dos escritos por Voltaire e Algarotti. O autor abre com uma extensa introdução em que expõe, no essencial, a vida e obra do grande Isaac Newton em linhas fortemente panegíricas.

O trabalho a que nos propomos é um estudo crítico (comentado) desta obra de Jacob de Castro Sarmiento, tendo em conta: inicialmente a exposição de aspectos gerais da vida de Jacob de Castro Sarmiento; a que se seguem a exposição, numa perspectiva comparada, da difusão do newtonianismo, em termos de ideias divulgadoras, no continente europeu; no capítulo seguinte analisa-se a importância do fenómeno natural das marés na gestação de algumas ideias chave da revolução científica do século XVII; as propostas de Newton e seus contemporâneos para a explicação deste fenómeno natural; terminando este trabalho com um comentário desenvolvido à *Theorica Verdadeira das Marés*, com uma atenção especial à influência do artigo de Halley, «The true Theory of tides, extracted from that admired treatise of Mr. Isaac Newton, intituled, *Philosophia Naturalis Principia Mathematica*», publicado nos *Philosophical Transactions*.

## ABSTRACT

The work *Theorica Verdadeira das Marés conforme à Philosophia do incomparável cavalhero Isaac Newton* written by Jacob de Castro Sarmiento (1691?-1762), is a detailed explanation in portuguese of Isaac Newton's theory about tides and the differences among them in the various parts of the world, as a consequence of Newton's theory of gravitation on the influence of moon and sun over the seas. This was the first book which disseminated newtonianism in Portugal. Jacob de Castro Sarmiento obtained a master degree in the University of Évora and he then transferred to the University of Coimbra where he obtained a bachelor's degree in medicine. Sarmiento arrived in London about 1720, later he was fellow of the Royal Society. The *Theorica Verdadeira das marés conforme à Philosophia do incomparável cavalhero Isaac Newton* written in 1737 is one of the first books which disseminated Newton's ideas out of England at the same time of the well known Voltaire and Algarotti's texts which had also the same objective: the newtonianism diffusion.

The purpose of this dissertation is to study *Theorica Verdadeira das Marés conforme à Philosophia do incomparável cavalhero Isaac Newton* with a special emphasis of the contemporary sources which had more influence on Jacob de Castro Sarmiento ideas. In the first part we develop some general aspects of Sarmiento's life and in a second chapter we expose, on a comparative perspective, the newtonianism dissemination in continental Europe. After it is explained the historical evolution of tidal theory since ancient times, paying a special attention on Galileo and Newton theories. The last chapter contains developed commenters on the *Theorica Verdadeira das Marés* with a special attention to the influence of Halley's paper «The true Theory of tides, extracted from that admired treatise of Mr. Isaac Newton, intitulated, Philosophia Naturalis Principia Mathematica», published on the Philosophical Transactions.

**Ao Filipe e à Manuela**

## ***AGRADECIMENTOS***

Um agradecimento especial ao Prof. Dr. Augusto Fitas, pelo incentivo e disponibilidade, sem o qual a construção desta Tese não seria possível.

Outros agradecimentos são devidos:

- ao Conselho Executivo da Escola Secundária D. Manuel I,
- aos funcionários da Biblioteca Municipal de Beja,
- aos funcionários da Biblioteca Pública de Évora,
- aos funcionários das Bibliotecas da Universidade de Évora.

# Índice

<b><u>1. INTRODUÇÃO</u></b>	<b>9</b>
<b><u>2. JACOB DE CASTRO SARMENTO</u></b>	<b>11</b>
<u>2.1. INTRODUÇÃO</u>	11
<u>2.2. O PERÍODO PORTUGUÊS E OS PRIMEIROS ANOS EM INGLATERRA</u>	12
<u>2.3. JACOB E A ROYAL SOCIETY</u>	21
<u>2.4. JACOB E O NEWTONIANISMO</u>	22
<u>2.5. NOTA FINAL</u>	27
<b><u>3. NEWTONIANISMO NO CONTINENTE EUROPEU</u></b>	<b>29</b>
<u>3.1. INTRODUÇÃO</u>	29
<u>3.2. A DIFUSÃO DO NEWTONIANISMO NO CONTINENTE</u>	29
<u>3.3. NEWTONIANISMO EM PORTUGAL NA PRIMEIRA METADE DO SÉC. XVIII</u>	41
<u>3.3.1. A Ciência Portuguesa de 1650 A 1750</u>	42
<u>3.3.2. As Academias e Sociedades Científicas</u>	48
<u>3.3.3. Contactos entre nacionais e portugueses no estrangeiro e entre nacionais e estrangeiros residentes em Portugal</u>	50
<u>3.3.4. Edição de Obras</u>	54
<u>3.3.5. Sessões de Física Experimental por demonstradores estrangeiros e portugueses</u>	56
<b><u>4. NEWTON E AS MARÉS</u></b>	<b>59</b>
<u>4.1. INTRODUÇÃO</u>	59
<u>4.2. AS MARÉS NA ANTIGUIDADE E NA IDADE MÉDIA</u>	59
<u>4.3. AS MARÉS NA ÉPOCA DOS DESCOBRIMENTOS</u>	61
<u>4.4. AS MARÉS E OS DISCURSOS DE GALILEU</u>	66
<u>4.5. OS VÓRTICES CARTESIANOS</u>	70
<u>4.6. A TEORIA NEWTONIANA</u>	73
<u>4.7. COMENTÁRIO À TEORIA NEWTONIANA</u>	80
<b><u>5. COMENTÁRIO À THEORICA VERDADEIRA DAS MARÉS</u></b>	<b>83</b>
<u>5.1. INTRODUÇÃO</u>	83
<u>5.2. A “DEDICATÓRIA” E O “PRÓLOGO”</u>	83
<u>5.3. APONTAMENTO BIOGRÁFICO SOBRE NEWTON</u>	89
<u>5.4. APRESENTAÇÃO DA ÓPTICA NEWTONIANA</u>	94
<u>5.5. APRESENTAÇÃO DOS PRINCIPIA</u>	94
<u>5.6. A TEORIA DAS MARÉS</u>	99
<u>5.7. A ÓRBITA DA LUA</u>	124
<u>5.8- A GLOZA DOS TERMOS</u>	130

<b><u>6. CONCLUSÃO</u></b>	<b>131</b>
<b><u>7. BIBLIOGRAFIA</u></b>	<b>134</b>
<u>7.1. BIBLIOGRAFIA CITADA</u>	134
<u>7.2. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA</u>	139
<b><u>8. ANEXOS</u></b>	<b>143</b>



## 1. INTRODUÇÃO

É comum, para quem pretende conhecer a história científica do século XVIII português, deparar-se com o nome de um médico, exilado em Inglaterra, a quem é atribuída a autoria de uma obra designada por *Theorica Verdadeira das Marés*, que é considerada, pela maioria dos autores, como a primeira obra de divulgação do Newtonianismo em Portugal. O trabalho, que agora se apresenta, visa um comentário à referida obra, em que são analisados os principais objectivos que nortearam Jacob de Castro Sarmiento, ele próprio um newtoniano, na escrita de um texto para ser lido num Portugal ainda intelectualmente peripatético, mas onde algumas personagens tentavam compreender, não sem receio, os ecos de modernidade que chegavam da Europa das Luzes.

Para atingirmos os propósitos impostos, dividimos o trabalho em cinco capítulos. No primeiro analisamos biograficamente a personagem Jacob de Castro Sarmiento. Dividimos cronologicamente a sua vida em dois grandes períodos, cabendo ao primeiro a infância, em Mértola, até à fuga para Inglaterra e, ao segundo, todo o período de residência em Inglaterra, em que acontece o contacto com as ideias de Newton, e de alguns newtonianos, a entrada na Royal Society e a escrita, entre outros textos, da *Theorica*.

Com o capítulo 2 pretendemos enquadrar Sarmiento e a sua *Theorica* no Iluminismo Europeu, mais concretamente na corrente de divulgação do Newtonianismo. Estabelecemos, para o efeito, duas áreas de trabalho: na primeira procura-se apresentar, em traços gerais, a difusão do newtonianismo na Europa, sobretudo através do percurso de obras de divulgação; na segunda, expomos o trajecto das ideias modernas em Portugal — são apresentadas a sociedade e a cultura joaninas, referindo-se o papel particular dos estrangeirados.

No capítulo 3 tentamos traçar a história das teorias explicativas do fenómeno das marés. Este bosquejo histórico começa na antiguidade, passando pelas concepções medievais e termina na Revolução Científica, com destaque para as teorias de três grandes autores: Galileu, Descartes e Newton. Detemo-nos com maior atenção na exposição que Newton apresenta nos *Principia* e no *Sistema do Mundo*.

O penúltimo capítulo é o comentário à *Theorica Verdadeira das Marés*, analisando a exposição na totalidade das suas 163 páginas que se destinavam a um público não especialista em Filosofia Natural. Na obra há várias passagens onde se enfatiza a personalidade e a obra de Isaac Newton, fortemente carregadas pela intenção de lhe prestar homenagem, acompanhadas sempre pelo intuito de divulgar as suas teorias. À explicação da teoria newtoniana das marés, bem apoiada graficamente, e sem detalhes geométrico-matemáticos, a exemplo do que também fizera Halley, é adicionado um anexo sobre um outro problema da física newtoniana, sob o título, *Demonstração de que a Lua se retém no seu Orbe, pela força da Gravidade*.

Reservámos o último capítulo para uma exposição curta de conclusões que, entretanto, foram sugeridas, e nem sempre devidamente destacadas, ao longo dos capítulos anteriores.

Porque ao longo da preparação deste trabalho consultámos bibliografia que foi essencial para a nossa reflexão, embora não tivéssemos a oportunidade de a citar, ou utilizar directamente, julgamos útil apresentar a bibliografia dividida em duas categorias: bibliografia citada e outra bibliografia consultada. No final juntamos alguns anexos que pensamos serem úteis para a compreensão deste trabalho.

## 2. JACOB DE CASTRO SARMENTO

### 2.1. Introdução

Jacob de Castro Sarmiento, médico de formação, é normalmente apontado como o principal responsável pela introdução das ideias de Newton em Portugal, nomeadamente através da obra agora estudada. Já em 1934, num artigo publicado em revista internacional, Joaquim de Carvalho sublinhara este seu pioneirismo<sup>1</sup>. No entanto, a obra de Sarmiento ultrapassa, em muito, a obra de divulgação newtoniana. Para além de uma grande produção em Medicina e Farmácia, que se difundiu por toda a Europa e também no Novo Mundo, Sarmiento é sobretudo um iluminista do séc. XVIII português, preocupando-se com o desenvolvimento de um país atrasado onde, em todos os campos, a relação poder/religião era esmagadora e da qual foi vítima. Sobre a obra de Sarmiento já se tinha ocupado no séc. XIX, o cardeal Saraiva na «Memoria da vida e escriptos de Jacob de Castro Sarmiento» e na «Noticia acerca de Jacob de Castro Sarmiento», inseridas nos *Annaes da Sociedade Litteraria Portuense* e no Museu Portuense, coligidas depois nas obras completas do referido autor. Na primeira metade do séc. XX, Maximiano Lemos e Augusto D'Esaguy, dois historiadores de medicina, são os principais biógrafos de Sarmiento, sendo também os últimos a apresentarem monografias sobre o nosso autor. D'Esaguy para além da biografia de 1946<sup>2</sup>, continuou nos anos seguintes a revelar novos elementos da vida deste médico, especialmente através da publicação de cartas. Nas últimas décadas, surgiram outros artigos do qual destacamos o da autoria de Matt Goldish que se debruçou especialmente sobre a relação entre o Judaísmo e o Newtonianismo<sup>3</sup>. Rómulo de Carvalho, historiador da ciência portuguesa do século XVIII, é o autor que fornece mais elementos, exteriores à medicina, particularmente sobre a sua acção na Royal Society<sup>4</sup>. Sobre os aspectos médicos/farmacológicos em Sarmiento, é importante referir também os trabalhos de José Pedro Sousa Dias<sup>5</sup>.

---

<sup>1</sup> Carvalho, 1934: 320-323

<sup>2</sup> D'Esaguy, 1946

<sup>3</sup> Goldish, 1997: 651-675.

<sup>4</sup> Carvalho, 1997-A: 9-67

<sup>5</sup> Dias, 2005: 55-80

Neste capítulo faremos uma análise da vida de Sarmento, na tentativa de compreendermos o que o terá levado á divulgação do newtonianismo.

## 2.2. O Período Português e os primeiros anos em Inglaterra

Em finais do séc. XVII e princípios do séc. XVIII, Bragança era um dos grandes centros do Judaísmo. Perto da Espanha, rodeada por montanhas, era essencialmente habitada por judeus ou cristãos novos. A designação de cristãos novos surge a partir de D. Manuel I, que obrigou os judeus expulsos de Castela, em 1492, a converterem-se à religião cristã. Nesse ano D. João II, permitiu a entrada dos judeus na condição do pagamento de um tributo de 8 ducados de ouro, em que ficariam por um tempo a definir pelo Rei, findo o qual este disponibilizaria embarcações para a saída do País, pois caso contrario ficariam como escravos. O Rei cumpriu o prometido mas a sucessão de abusos por parte dos marinheiros levou a que uma parte da comunidade judaica preferisse ficar como escravos. D. Manuel I reiterou a situação de escravatura, mas com a possibilidade de a ela fugirem judeus e mouros que fizessem o santo baptismo, também durante um certo período. Ao fim deste período o rei foi extremamente duro, ao ordenar que todos os filhos dos judeus que não passassem de 14 anos fossem separados e tirados do poder dos pais, com o objectivo de se baptizarem. Ainda que a medida fosse despropositada, por aquela altura muitos dos judeus já tinham uma cultura e mesmo práticas cristãs. No tempo de D. Manuel I não havia distinção entre cristãos novos e cristãos velhos, nos cargos e hierarquia do estado. A situação altera-se quando em 1536, uma bula do Papa Paulo III, introduz a Inquisição em Portugal.

É neste de ambiente de desconfiança e medo que em 1691 nasce Henrique de Castro Sarmento, filho de Francisco de Castro Almeida, estanqueiro, e Violante de Mesquita, ambos cristãos novos. A sua família teve sempre problemas com a Inquisição. O pai e um meio-irmão foram apresentados e condenados na Inquisição de Évora, em 1706, sob a acusação de judaísmo. O pai foi preso em 1708 e saiu em auto de fé a 20 de Julho de 1710. O seu tio materno, doutor Francisco de Mesquita, foi queimado em 1720. No seu *Testamento Político*, dirigido ao príncipe do Brasil e futuro rei D. José I, o embaixador português Luís da Cunha expressa bem a situação:

“ Quando sua Alteza ocupar o trono, encontrará quase despovoadas muitas aldeias e vilarejos, como por exemplo os burgos de Lamego e Guarda, as aldeias de Fundão e Covilhã na Beira Baixa e a cidade de Bragança na província de Trás-os-Montes. Perguntando por que estas localidades caíram em ruínas e por que se destruíram suas industrias, encontrará poucos que

terão a coragem de dizer a verdade, isto é, que foi a Inquisição que, encarcerando e destruindo muitos pelo crime de judaísmo e forçando outros a fugir com suas riquezas, temendo confisco ou prisão, destruiu estas indústrias e arrasou estas cidades e aldeias”<sup>6</sup>

Sarmento cedo foi para Mértola onde aí realizou as primeiras letras e humanidades<sup>7</sup>. Henrique tinha dois irmãos, João e Manuel de Castro. Terá sido ainda em Mértola que observou, ainda criança, as primeiras sezões ou ataques palustres<sup>8</sup>, doença que mais tarde estudaria minuciosamente.

Após os estudos preparatórios rumou a Évora onde estudou a filosofia de Aristóteles, obtendo o grau de mestre em Artes, em 1710. Transferiu-se depois para Coimbra onde na Universidade daquela cidade viria a concluir o curso médico por volta de 1717. Entre as amizades feitas em Coimbra, destaque para João Pessoa da Fonseca, futuro lente de cirurgia daquela Universidade, que recordou em *Matéria Médica*. Sarmento exerceu em Beja, noutras terras do Alentejo, Algarve e em Lisboa.

A 18 de Outubro de 1720, uma sexta-feira, a Inquisição de Évora desenvolve uma operação de captura sem precedentes, atingindo alguns dos mais importantes médicos e letrados da região de Beja, de Serpa e de Alvito: Simão Gonçalves Moura, Manuel de Moura e filho, Pedro Dias Nunes, com quem Sarmento *praticou* medicina, Pedro Dias Ribeiro, José Lopes Pombeiro, Salvador Gonçalves, João Adaguinha, André de Pina Trigueiros, Luís Rodrigues Patinho, Bartolomeu Mestre Coxilha, são alguns dos nomes que constam nos registos<sup>9</sup>. A operação bem orquestrada continuaria nos dias seguintes e levaria à prisão outras pessoas e suas famílias. O crime era essencialmente o mesmo: judaísmo. Tudo se ficou a dever à denuncia de outro médico, Francisco de Sá e Mesquita, nos meses de Setembro e Outubro desse ano<sup>10</sup>.

Em 1721, Sarmento ruma para Inglaterra, tendo passado primeiro por Amsterdão e Hamburgo<sup>11</sup>. As causas desta fuga não estão devidamente esclarecidas, apontando os principais biógrafos para a questão da perseguição/exercício da sua religiosidade, mas existindo também a possibilidade, tal como aconteceu com outros portugueses, da procura de um maior desenvolvimento intelectual, em terras estrangeiras.

---

<sup>6</sup> Kayserling, 1971: 285

<sup>7</sup> Sequeira, 1933: 109

<sup>8</sup> D’Esaguy, 1946: 17

<sup>9</sup> Araújo, 1989: 63

<sup>10</sup> Dias, 2005: 57

<sup>11</sup> Kayserling, 1971: 279

Em Londres é recebido por David Nieto e pelo médico Isaac de Sequeira Samuda, cotado médico londrino e também rabino, dos mais notáveis que a *Sinagoga Portuguesa de Bevis Markes* teve<sup>12</sup>. Com Sequeira Samuda estabelece Sarmento uma grande amizade que se reflecte sobretudo na obra deste. Símbolo dessa amizade é a conclusão das *Viriadas* de Samuda, poema com treze cantos, dedicado a D. João V, que Sarmento conclui, após o falecimento do seu amigo.

*Viriadas*  
Do D.  
Isaac de Sequeira Samuda,  
Médico Lusitano, Médico da Real  
Sociedade de Londres.  
Obra Postuma  
Digita corrigida, e concluida pelo  
Doutor  
Jacob de Castro Sarmento  
Médico Lusitano do Real Colégio dos  
Médicos de Londres e Médico da  
Real Sociedade,  
Que a oferece  
Ao Senhor Protector das Letras,  
O Muito Alto, e Poderoso Senhor  
D. João V Quinto  
Rei de Portugal.

Fig. 2.1- Imagem das *Viriadas*

Frequentou vários hospitais londrinos com destaque para o de S. Bartolomeu e o de Guy. Segundo Maximiano de Lemos,

“Estava em relações constantes com os mais ilustres cultores das ciências médicas em Londres. Frequentava o museu do baronete Hans Sloane, médico dos Reis de Inglaterra e presidente do Colégio dos Médicos e Sociedade Real, o eminente autor da viagem à madeira e aos Barbados; tratava com o Dr. Freund, o ilustre historiador médico; recebia do cirurgião

---

<sup>12</sup> D'Esaguy, 1946: 18

Daniel Turner a notícia da preparação de um tópico para feridas, tendo por base a pedra a calaminar; assistia com Desaguliers a experiências de física; (...)”<sup>13</sup>.

A 25 de Junho de 1725 é admitido no Real Colégio dos Médicos de Londres (ver Anexo A).

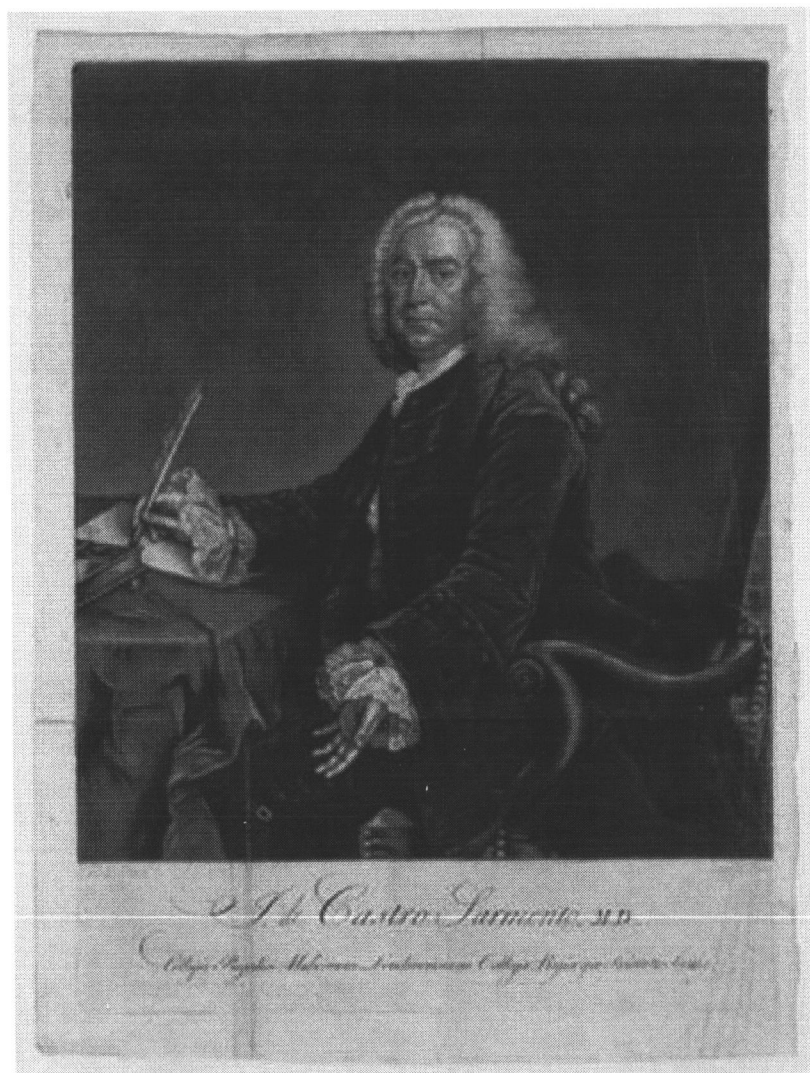


Fig. 2.2 – Imagem de Jacob de Castro Sarmiento de Richard Houston <sup>14</sup>

O seu prestígio é abalado, quando sofre uma acusação, talvez por colegas seus de profissão, de ter denunciado em Beja algumas dezenas de cristãos-novos e de ter

---

<sup>13</sup> Ibid.: 32

<sup>14</sup> Registada na National Portrait Gallery, com a indicação “by Richard Houston, after Robert Edge Pine mezzotint, acquired Fleming Collection, 1931” – documento electrónico.

provocado um auto de fé em Lisboa. O processo demorou algum tempo e para o esclarecimento das culpas foram determinantes os portugueses que também tinham emigrado de Portugal. Participaram Moses Medina, Isaac Peixoto, José de Castro, Isaac Vaz Martins, Isaac Fernandes, José Teles da Costa, Isaac da Costa Alvarenga, Abraão Dias Fernandes e Moses Lopes Dias. Coube a David Lopes Pereira, em nome da comunidade portuguesa, absolver Sarmento e reconhecer publicamente a injustiça de que este tinha sido alvo.

Entre a sua bibliografia religiosa referência para *Exemplar de penitência, dividido em três discursos para o Dia Santo de Kypur; dedicado ao Grande e Omnipotente Deus de Israel*, que reforça a sua posição na comunidade. Estes três discursos, datados de 1723, de cariz ortodoxo, com todas as licenças eclesiásticas, revelam, segundo D'esaguy, “as tendências filosóficas de Sarmento” e que poderão tê-lo levado ao afastamento da pátria.

Em 1738 Sebastião de Carvalho e Melo, futuro Marquês de Pombal, foi para Londres como *Enviado extraordinário* a Inglaterra, iniciando aí a sua carreira diplomática. Tinha como tarefas obter a saída de trigo para Portugal, já que o governo de Jorge II havia proibido a exportação, devido à crise frumentária de 1738, e tratar da exportação do vinho do Porto. Aí conheceu o Dr. Sarmento de quem fez seu médico assistente e com o qual dialogou sobre a reforma do ensino em Portugal. Jacob de Castro obteve mesmo apoio diplomático de Sebastião José quando em Março de 1738, os seus móveis lhe foram penhorados por não ter pago as cotas destinadas à construção da Igreja paroquial de Santa Catarina Coleman. Sebastião de Carvalho escreveu ao comissariado da Igreja, lamentando o procedimento utilizado e invocando, para o perdão, os privilégios que a coroa britânica sempre concedera aos embaixadores de Portugal. A dívida terá sido perdoada ao considerar o comissário de New Castle “la bonne correspondance qui subsiste si heureusement entre les deux Couronnes.”<sup>15</sup>

A grande maioria dos judeus estrangeiros que praticou medicina na Inglaterra da primeira metade do século XVIII, tinha obtido o curso fora deste país, como era o caso de Sarmento, em Coimbra. Então para melhorar a sua posição na sociedade, e atrair pacientes, alguns desses médicos tentaram obter um grau de doutor numa universidade escocesa. Era o caso da Universidade de Aberdeen, que concedia o MD aos candidatos, que atestassem a sua idoneidade médica, apresentando dois patronos que confirmassem

---

<sup>15</sup> Serrão 1982: 37



essa idoneidade. O primeiro terá sido Sarmento, quem em 1739, obteve a equivalência através do Marischal College de Aberdeen. Nos anos seguintes mais quinze judeus obtiveram essa equivalência.

A produção na sua área profissional é vasta. Para além das Águas de Inglaterra, que o tornaram famoso em toda a Europa e que adiante desenvolveremos, terá sido o primeiro médico português que estudou cientificamente o problema das sezões (febres intermitentes) em Portugal, concentrando na sua obra *Do Uso, e Abuso das Minhas Agoas de Inglaterra, ou Directório, e Instrucçam, Londres, 1756*, as observações colhidas durante o período em que permaneceu no Alentejo e Estremadura. Outra obra de importância foi a memória, publicada em 1721, sobre a inoculação do vírus variólico, espécie de enxerto de eficácia comprovada<sup>16</sup>. A obra apresentou várias edições, por exemplo em Hamburgo, 1722, 3ª edição, tendo sido aceite, quase sem críticas, nos meios científicos de Londres, e com alvoroço na Saxónia, na Suécia e na Rússia, centro das maiores endemias de varíola, segundo a acidentada história desta doença contagiosa<sup>17</sup>.

No ensino da medicina dos séculos XVII e XVIII, havia alguns professores, como Tomé Rodrigues da Veiga e o conhecido Garcia da Orta, que praticavam o gosto por hortos botânicos, em que pretendiam seguir a evolução das plantas, concretamente os *simples*, plantas medicinais e vegetais exóticos. Destinavam-se ao estudo das plantas na perspectiva terapêutica, pelo que se podiam considerar mais jardins medicinais do que jardins botânicos. Em Inglaterra a Royal Society possuía o seu jardim botânico e é através dela que Jacob pretende auxiliar a Academia de História Portuguesa com a doação de vários tipos de sementes e plantas, para a criação do seu próprio horto botânico. A oferta foi, no entanto, recusada, já que a Academia reunida em assembleia agradeceu a oferta mas recusou, por não fazer tal iniciativa, parte dos seus estatutos. Sarmento não desistiu da oferta e em 1731 dirigiu-se à Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra. Ao Reitor da Universidade, Francisco Carneiro de Figueiroa, alegando também da sua importância para os estudos da medicina, apresentou a mesma proposta, agora acompanhada de um plano meticoloso para a edificação. Na Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra encontra-se arquivado o Projecto de Sarmento<sup>18</sup>,

---

<sup>16</sup> D'Esaguy, 1946: 23

<sup>17</sup> Ibid.

<sup>18</sup> Brigola, 2000: 80

contendo uma Planta de Jardim Botânico com uma *Bibliotheca Botanica*<sup>19</sup>, desenhada pelo arquitecto E. Oakley e que ostenta a seguinte dedicatória:

“Illustrissimo DD. Francisco Carneyro de Figueyroa, Universitatis Conimbricensis Rectori, vigilantissimo que Reformatori, nec non dignissimis ejusdem Academiae Professoribus, Ichonographiam hanc, ad Hortum Botanicum erigendum in Scientiae Naturalis, et Medicinae Facultatis augmentum, humilime dicat, dedicat que Dr. Jacob a Castro Sarmento, Medicus Lusitanus, Collegii Regalis Medicorum Londinensium Collega, Regiae que Societatis Socius Anno MDCCXXXI” (Ms. 3180, Planta nº 30 ).

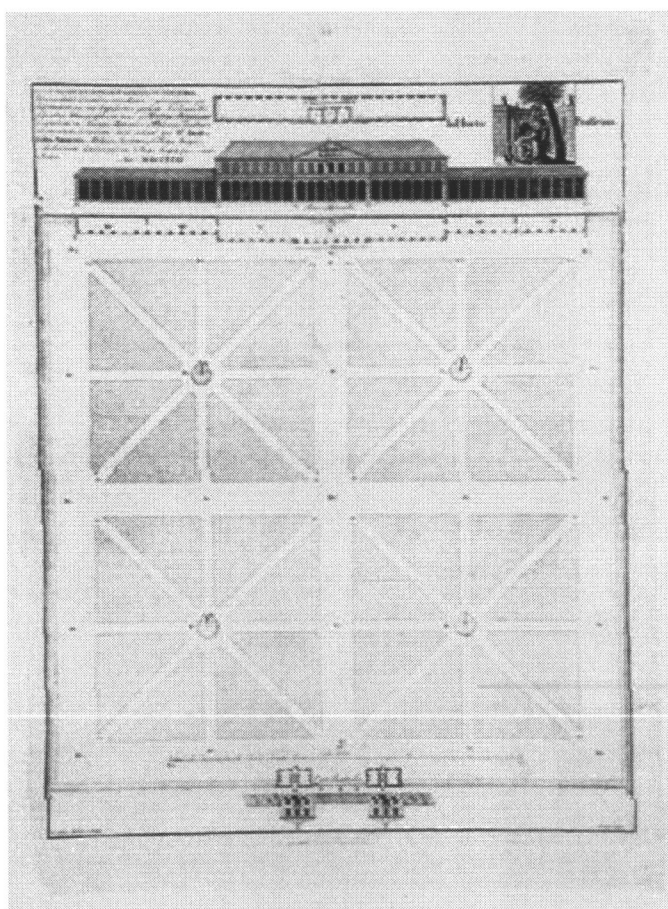


Fig. 2.3- Planta do Jardim Botânico, proposta por Sarmento<sup>20</sup>

Domingos Vandelli menciona o Projecto, em 1771, no Catálogo do Real Museu de História Natural e Jardim Botânico da Ajuda, o “Hortus Olisiponensis Exhibens Plantas Exóticas Horti Regii Specimenque Historie Naturalis Lusitaniae Cum Novis

<sup>19</sup> provavelmente inspirada no jardim londrino de Chelsea, in Craveiro, 2004: 94

<sup>20</sup> Craveiro, 2004: 94

Generibus et Specibus”, BN (Biblioteca Nacional) Cod. 3750: “Jacobus a Castro Sarmiento Conibricensi Universitati illud proposuit eiusque ichonographiam typis commisit”<sup>21</sup>.

Ainda que tenha acompanhado a sua proposta com a oferta de um excelente microscópio, a sua proposta também não foi aceite.

Outro objectivo de Sarmiento com vista à melhoria do ensino médico, foi a tradução da obra *Novum Organum*, de Francis Bacon. O contacto foi feito pelo Conde da Ericeira, visando a reforma dos estudos de medicina e na sequência surgiu essa proposta, por parte de Castro Sarmiento. Não está ainda hoje completamente esclarecido se Jacob teria efectivamente traduzido a obra, em três volumes. É conhecido apenas o folheto de apresentação do programa da obra:

“ Londres, Junho 19-30, 1731.- Proposições para imprimir as obras philosophicas de Francisco Baconio, barão de Verulam, visconde de Sancto Albano, e lord chancellor da Inglaterra, digestas e reduzidas todas à língua ingleza de seus originaes. Com notas occasionaes para explicação do que é obscuro , etc., etc. Em 3 volumes. 4º Por Pedro Shaw, M. D. E traduzidas na língua portugueza, ao mesmo tempo que vão para a estampa, por Jacob de Castro Sarmiento, M. D. etc. 4.º gr. de 3 pag.”<sup>22</sup>

A mesma fonte lança, no entanto, outra pista:

“ O meu erudito amigo e abalisado bibliophilo, sr. Conselheiro Jorge Cesar Figanière, contestando a observação do illustre auctor d’este Dicc., tomo III, página 249, afirma-me que 1844 ou 1845 vira, e não tem a menor duvida a esse respeito, um exemplar em tres volumes, no formato de 8 ° gr, da tradução das obras philosophicas de Bacon feita por Jacob de Castro ; que o tivera até em suas mãos, porém não podia asseverar quem era o possuidor de tal exemplar, que suppunha ter pertencido ao cardeal Saraiva, D. Francisco de S. Luiz, auctor da Memória da vida e escriptos de Jacob de Castro Sarmiento, mencionada a pag. 429 do tomo II d’este Dicc.”<sup>23</sup>

Sarmiento ficou conhecido em toda a Europa pela sua *Água de Inglaterra*. No Portugal do séc. XVIII, as condições de higiene da população eram deficientes, pois não havia uma rede de saneamento básico, devidamente aplicada à população e a cultura da higiene ainda não reinava. Era preciso atacar as febres, que era um mal comum, frequente e temível. O país vivia consumido e devorado pelas febres e pelo sezonismo.

---

<sup>21</sup> Brigola, 2000: 81

<sup>22</sup> Inocêncio, 1883: 249

<sup>23</sup> Ibid.: 113

Os amargos começaram por ser os primeiros medicamentos que as combatiam, nomeadamente as febres intermitentes, mas foi com a descoberta da Quina que a eficácia do combate melhorou, levando à sua divulgação por toda a Europa.

No séc XVII enquanto a circulação de sangue dominava a fisiologia, a terapêutica era marcada pela utilização da casca de Quina, produto oriundo do Peru, que os indígenas baptizaram e que utilizavam contra a febre. São os jesuítas que a introduzem na Europa sob a denominação de *Pó dos Jesuítas*. A *água febrífuga* consistia num infuso ou macerado de cascas de Quina-Quina, e era o nome da água da qual o cardeal de Lugo, em 1650, já havia enunciado as suas propriedades terapêuticas, tendo-as observado nos indígenas do Peru.

Porem nem sempre o combate era conseguido e daí surgiu a necessidade de se desenvolverem preparações ou soluções. A primeira preparação deveu-se a Fernando ou Moisés Mendes, que teve pouca duração, por não atingir a eficiência desejada ou por o seu autor faltar<sup>24</sup>. A coroa estava também interessada na preparação, como refere, Sarmiento,

“ No mesmo tempo principiou a florescer um cozimento forte da mesma casca (Quina-Quina), com o título de Água de Inglaterra, com a qual o Dr. Fernando Mendes teve o mesmo, e ainda melhor sucesso, pois recebeu uma generosa dádiva do Sereníssimo rei D. Pedro, somente por comunicar-lhe o remédio, com a condição de o não fazer público. E como a Quina-Quina não estava bem conhecida, e entre alguns era crime o nomeá-la; sendo muitas as curas, que fazia a Água de Inglaterra, e ocultando seu autor o de que se compunha; lhe fez ganhar uma grande fama, e as opiniões dos mesmos que se opunham à Quina-Quina.”<sup>25</sup>

Já em Inglaterra Jacob melhora o preparado de Quina, talvez com a possível adição de outras substâncias, o que o leva a uma grande aceitação no reino de Portugal. O êxito da preparação sofre uma primeira fase de falsificações das águas febrífugas, mas rapidamente desaparecem. Ao falecer Sarmiento as suas garrafas desaparecem e o seu sobrinho André Lopes de Castro continua com o preparo, alegando que o seu tio lhe teria transmitido secretamente a receita. As falsificações continuam, pois a ambição é grande. Uns aproveitando as garrafas vazias, enchem-nas com tintura de quina, outros falsificam o símbolo, originando grandes perdas ao sobrinho, que é inclusive, acusado de falsificações, o que o leva a mudar o selo, na altura, muito semelhante ao do tio.O

---

<sup>24</sup> D'Ésaguy, 1931: 23

<sup>25</sup> Enciclopédia Portuguesa e Brasileira, s/d: 615- 616

boticário António José de Sousa Pinto chega mesmo a citar uma carta de Sarmento, publicada numa Gazeta antiga, para desmentir a doação da receita ao sobrinho, e na qual infere uma má relação entre os dois, que utiliza para desacreditar as Águas de André.



Fig 2.4 - Selo de Castro Sarmento e do Sobrinho

Não deixa de ser relevante a inscrição do selo de Sarmento que, ao contrário do sobrinho, fugiu à legenda nominalista para ostentar um propósito ou uma orientação «studio et observatione».

### 2.3. Jacob e a Royal Society

A entrada de Sarmento na Royal Society faz-se já depois da morte de Nieto. Na entrada surgiram algumas dificuldades, devido à questão portuguesa dos cristãos novos. Jacob entra na sociedade em 3 de Fevereiro de 1730, numa segunda votação, após a primeira ter sido reprovada pela denúncia do médico *ashkenazi* Meyer Low Schomberg.

Com o falecimento de Isaac de Sequeira Samuda, em 1730, é Sarmento quem passa a transmitir à Royal Society a produção científica que é feita em Portugal (ver Anexo B), normalmente observações astronómicas, por padres jesuítas, no continente, em Macau e na América do Sul. É conhecido o inventário das comunicações entre 1730 e 1760<sup>26</sup>. Registam-se aí dez comunicações sobre observações astronómicas, uma sobre medicina, uma sobre tecnologia e apenas uma de sua autoria, dedicada aos diamantes do Brasil. Sarmento começa por dizer

“ (...) que tivera, pouco antes, oportunidade de conversar com um individuo que regressara das minas de ouro do Brasil depois de as explorar durante quinze anos e que trouxera consigo muitos e valiosos diamantes encontrados nesses lugares. Informa que os mineiros que extraíam o ouro de um lugar próximo da Cidade do Príncipe, capital da região do “Serro Frio”, costumavam encontrar diamantes, que guardavam, sem saberem o valor que tinham mas apenas por lhes agradar o seu aspecto como pedras. Em 1728 chegou àquele lugar um mineiro

---

<sup>26</sup> Carvalho, 1997-A: 15-55

que conhecia o valor dos diamantes e que iniciou a sua exploração sistemática em particular nas margens do pequeno rio chamado de “Milho Verde”. Os diamantes encontrados regulavam entre um grão e seis quilates mas já se encontrara um de 45 quilates. Eram tão bons como os orientais mas tinham o defeito de se tornarem baços quando expostos ao ar e à luz do Sol.”<sup>27</sup> .

Este foi o único artigo sobre Óptica, da autoria de um português, que aparece transcrito nas *Philosophical Transactions*, dos séculos XVII e XVIII<sup>28</sup> .

A seguir transcreve-se outra comunicação de Jacob, não referida por Rómulo de Carvalho, referente a um trabalho do Padre Buenaventura Suárez

“Philosophical Transactions 46, n° 491 (1749-1750), págs. 8-10

Apresentado a 19 de Janeiro de 1748/9.

A 24 de Fevereiro de 1747, depois de meio-dia, estando o céu nublado durante quase todo o tempo do eclipse, só estas coisas puderam ser observadas nas missões do Paraguay da Companhia de Jesús pelo P. Buenaventura Suárez, missionário de referida Companhia, na povoação de San Ángel Custodio, depois da emersão do segundo dígito da Lua da sombra da Terra, com um telescópio de 10,5 pés.

	hora	min	seg
Emerge Aristarco	14	31	47
Emerge Tycho	14	37	30
Emerge Calipo	14	56	47
Emerge Dionisio	15	0	4
Começa a emergir Mar de las Crisis	15	13	17
Fim do eclipse	15	16	4

O diâmetro menor da mancha de Platão apenas cobria o intervalo entre o bordo ocidental da Lua e o do Mar de las Crisis.

A povoação de San Ángel, nas missões do Paraguay da Companhia de Jesus, é a situada mais a este de todas. A sua longitude, em relação à da ilha de Fierro, é de 323° 30' e a sua latitude de 28° 17' austral.”<sup>29</sup>

## 2.4. Jacob e o Newtonianismo

A inserção de Jacob na comunidade judaica de Londres, assim como nos círculos intelectuais, deve-se a David Nieto, médico de origem italiana, rabino da comunidade londrina, entre 1701 e 1728, que por isso não exerceu a profissão. Com efeito, Nieto

---

<sup>27</sup> Ibid.: 29

<sup>28</sup> Bernardo, 2005: 537

<sup>29</sup> Revista Ciência Hoy, 2005 - ed. electrónica (Tradução nossa)

conseguiu congregar à sua volta um importante conjunto de intelectuais, em que também se inseria Isaac Sequeira Samuda. Essa aproximação aos círculos intelectuais inseriu o nosso autor no newtonianismo. O próprio Nieto propôs uma teologia judaica baseada na síntese entre a ciência newtoniana e religião, o que o levou a equivaler-se a aos *latitudinarianos anglicanos*<sup>30</sup>. Este sector da igreja anglicana defendia uma visão ampla do anglicanismo, para abranger o maior número possível de fiéis. A teologia natural em que se inseria o newtonianismo de muitos autores, fazia parte dele. Com o espectro da deposição dos Stuart, em 1688, defendiam um novo regime constitucional, em que da mesma maneira que os poderes divinos se manifestavam de forma ordenada, seguindo as leis físicas de Newton, também o poder do monarca precisava ser regulado e ordenado através das leis parlamentares.

Tal como os naturais dos países em que se inseriram, os marranos sofreram a influência das tendências europeias do séc. XVIII: o cientismo, o experimentalismo, o naturalismo, o ateologismo, o amoralismo, o temporalismo. Os conservadores israelitas assistiam a que a Cabala, permitia certos índices de corrupção exegética, restringindo-se aos domínios materiais da *assia*. Países como Portugal e Espanha, com uma população em que, por via da expansão pelo novo mundo, coabitavam militares, mercadores e missionários, sofreram também uma forte influência do mercantilismo cultural da França e Inglaterra. Cristãos novos, marranos e cristãos velhos vão ser influenciados pelas novas ideias que grassam na Europa.

O racionalismo cartesiano, o experimentalismo de Bacon, a física de Newton, o sensualismo de Locke, o espírito das Academias, o intercâmbio de informação científica, distraem as mentes da educação espiritual, da simbologia, da teologia e da obediência religiosa. É assim que Londres é o centro do experimentalismo, onde se destacam os portugueses Fernão Mendes (? - 1724), descobridor da água de Inglaterra, António Ribeiro Sanches, que abandonaria a crença judaica, Daniel da Fonseca (? - 1740) médico e membro da comunidade judaico-holandesa que acabaria por se fixar em França, onde Voltaire o considerou o *único filósofo do seu povo*<sup>31</sup>, Sachetti Barbosa (? - 1780) cujo trabalho, como o de Jacob, visou influenciar ou apoiar o país de origem, em medicina ou em educação. Sachetti acompanhou a reforma do estudo médico e conseguiu algumas alterações ao programa anteriormente apresentado por Ribeiro

---

<sup>30</sup> Dias, 2005: 58

<sup>31</sup> Gomes, 1999: 450

Sanches. A introdução do experimentalismo em oposição à medicina mágica foi outra das suas batalhas. Amigo de Sachetti, de Sarmiento e de João Jacinto de Magalhães, o paleontólogo Emanuel Mendes da Costa (? - 1791), distinguiu-se no estudo dos fósseis, publicando entre outras *A Natural History of Fossils* (1757) e *Elements of Conchology* (1776).

Para a elaboração da *Theórica*, muito terá contribuído a inspiração adquirida num curso de filosofia experimental, apresentado por John Theophilus Desaguliers (1683-1744). Na primeira metade do séc. XVIII, verificou-se, em Inglaterra, um especial interesse pela ciência aplicada. O interesse pela cultura científica, ultrapassou a esfera dos grandes especialistas, e passou para o dia-a-dia do cidadão comum. Mecânicos, engenheiros, pequenos proprietários manufactureiros, cavalheiros e damas procuravam empregar os conhecimentos adquiridos, em sessões de demonstrações ou nas brochuras de apresentação, a situações domésticas ou às máquinas das suas explorações. Para isso contribuíram as sessões itinerantes de um conjunto de professores que em locais de frequência bastante heterogénea ministravam cursos de 10, 12, 15 ou 16 sessões, pagos, em que ainda era obrigatória a compra dos manuais (*textbooks*) e/ou programas das aulas (*syllabus*), que incluíam as actividades experimentais. As sessões eram assim uma importante fonte de receita para esses divulgadores. Entre os primeiros, destaque para Francis Hauksbee e Jean-Théophile Desaguliers, um exilado francês. Ambos trabalharam como experimentadores oficiais da Royal Society, numa altura em que Newton era presidente. Contribuíram portanto para a difusão da filosofia natural newtoniana, escrevendo também importantes manuais que tornavam “o conhecimento mecânico aplicado disponível para qualquer um que fosse sumamente alfabetizado em inglês, em francês e holandês.”<sup>32</sup>

Desaguliers, um dos newtonianos mais famosos da sua época, deixou a Royal Society, para se dedicar aos seus cursos de 12 a 16 aulas. Leccionava-os na sua residência, em Channel-Row, Westminster (Londres) e também em cidades perto da capital. No decorrer dos anos Desaguliers foi também escrevendo os seus roteiros de experiências, em que ia aperfeiçoando a exposição e introduzindo novas experiências:

---

<sup>32</sup> In Soares, (s/d): 3.



- *Physico-mechanical lectures or, an account of what is explain'd and demonstrated in the course of mechanical and experimental philosophy, given by J. T. Desaguliers, M. A., F. R. S.* Londres, Richard Bridger & William Vream, 1717 (80 páginas);
- *A system of experimental philosophy, prov'd by mechanicks. Wherein the principles and laws of physicks, mechanicks, hydrostaticks and opticks are demonstrated and explain'd. As shewn at the publick lectures in a course of mechanical and experimental philosophy.* Londres, B. Creake & J. Sackfield, 1719.

Este último é uma versão mais desenvolvida do editado em 1717, contendo 201 páginas de texto e 10 páginas com ilustrações. Editavam também panfletos em várias línguas que eram catálogos das suas sessões e constituíam folhetos de propaganda do seu trabalho, como foi o caso de:

- *A course of mechanical and experimental philosophy. Cours de philosophie mecanique & expérimentale. (A syllabus). (English & French).* Londres, S/Nome Editor, 1720 (8 Páginas) (em francês e inglês).
- *A course of mechanical and experimental philosophy. (A syllabus).* Londres, S/Nome Editor, 1727 (16 Páginas). (versão ampliada da anterior, somente em inglês)
- *An experimental course of astronomy.* Londres, S/Nome Editor, 1727 (8 Páginas).

Em 1734, apresenta a sua obra mais conhecida, - *A course of experimental phylosophy, Volume I. Adorn'd with thirty-two copper-plates* (Londres, John Senex, 1734, com 473 Páginas), surgindo só em 1744 o 2º volume desta obra, *A course of experimental phylosophy, Volume II. Adorn'd with forty-six copper-plates* (Londres, W. Innys, 1744, 568 Páginas). Quando da morte de Newton, seu mentor, Desaguliers dedicou-lhe um poema<sup>33</sup>.

Os dois volumes de *A course of experimental phylosophy*, tiveram grandes vendas nos livreiros ingleses, sendo a última edição em 1763, depois do falecimento de Desaguliers.

Deverá ter sido a participação de Sarmento num destes cursos de filosofia experimental de Desaguliers que, muito provavelmente, o motivou a escrever a *Theorica*. Nesta obra o autor do curso é apresentado como o *meu bom amigo e sócio (da Royal Society)*.

---

<sup>33</sup> Jean Théophile Desaguliers, *The Newtonian System of the World, the Best Model of Government*, London, 1728,

A influência da física newtoniana surge também na sua melhor obra médica *Matéria Médica. Físico-histórico-mecânica*, de 1735<sup>34</sup>. Fortemente influenciado por Boherhave, que pretende introduzir em Portugal através desta obra, Sarmento mostra-se partidário de um iatromecanicismo, oriundo do médico alemão, ele próprio inspirado em Newton. Naquele período as relações entre a Inglaterra e a Holanda, eram boas, sobretudo com a chegada ao trono, de Guilherme de Orange, em 1688, o que facilitava as ideias de Boherhave, rapidamente traduzido para o inglês. Também por aquela altura começavam a surgir as primeiras obras de difusão do newtonianismo. Henry Pemberton lança em 1728 *A view of Sir Isaac Newton* e W. Jakob 'sGravesande (1668-1742) publica *Physices elementa mathematica*, em 1720, logo traduzidos para o inglês.

Na sua *Matéria Médica* Jacob é já um newtoniano, que expressa ao considerar,

“ (...) no nosso presente e feliz século, nos tem mostrado a falsidade destes sistemas todos, o trabalho e incansável estudo dos médicos mecânicos. É esta a presente seita experimental de filósofos, os quais na parte especulativa, em lugar de conjecturas, fundam a sua sabedoria toda em experiências, nem admitem coisa alguma, que não possam trazer a demonstração e evidência, ajudados de experimentos filosóficos, químicos e anatómicos; e aos princípios gerais, que não padecem a menor dúvida, chamam Princípios Mecânicos ou Leis da Natureza.”  
(34, pag xiv)<sup>35</sup>

O seu regresso a Portugal nunca se chegou a efectuar. Nos últimos anos os contactos com a comunidade médica portuguesa reforçaram-se através da criação da Academia médico-portopolitana, em que João Mendes Sachetti Barbosa, era o seu principal contacto.

À imagem de Newton, Sarmento apresenta ainda uma *Chronologia Newtoniana Epitomizada*, manuscrito, que consiste numa tradução a partir da obra do grande cientista. No registo figura,

“ Carta do tradutor, precedendo o texto, datada de 14 de Abril de 1737, e dirigida, de Londres, ao Mestre-Escola da Santa Igreja Patriarcal; faz o elogio ao autor e sua obra, solicitando que o presente manuscrito seja oferecido a D. José, príncipe herdeiro do Brasil (p. [I-II]); segue-se a dedicatória (p. V-VIII). Constituído por: «Chronica breve desde a primeira memoria das couzas na Europa ate a conquista da Persia por Alexandre Magno» (p. 1-16) seguida de uma

---

<sup>34</sup> Dias, 2005: 60

<sup>35</sup> In Dias, 2005: 63.

cronologia que abrange os tempos desde a chegada dos Cananitas ao Egipto até à morte de Dario III da Pérsia (p. 19-80)”<sup>36</sup>

O seu contributo para a cultura portuguesa da primeira metade de século XVIII pode também ser comprovada através de outro documento escrito: *Nova descrição do Globo ou exacta medida dos Impérios, Reinos, Territórios, Estados principais, Condados e Ilhas de todo o Mundo*, que também se encontra na Biblioteca Nacional de Lisboa” (ms. 612). Não há registo de uma reacção de interesse por parte da corte portuguesa a estas propostas de Sarmiento.

Os contactos que manteve com Portugal, nunca esclareceram se o seu objectivo era meramente o de catalizador de um país atrasado, o mais aceite, ou se haveriam objectivos políticos, que iriam desde um regresso com o máximo brilho possível, até uma nova concepção e reorganização do estado português, em que tal como o seu amigo Desaguliers, o newtonianismo poderia ser uma inspiração.

Juntamente com José Salvador, membro da comunidade portuguesa, cria um Hospital para os doentes necessitados da congregação de Bevis Marks, onde colaborou como médico até 1750.

Os seus últimos anos foram pautados pelo progressivo afastamento da congregação de Bevis Marks. Após o falecimento da sua primeira mulher, em 1756, voltaria a casar-se com a sua amante cristã, de nome Elisabeth, em 1759, de quem já tinha um filho, Henry (baptizado em 1748), a que viria a juntar-se Charles (baptizado em 1758). Em Outubro de 1758, pede o afastamento da congregação, vindo a falecer em 1762.

## 2.5. Nota final

A vida de Sarmiento, tal como a de Ribeiro Sanches, é própria de um judeu português do séc. XVIII, que ousou atingir um patamar superior, quer em relação ao português comum, quer em relação à própria comunidade judaica portuguesa. Ao contrário da maioria de outros médicos fugidos de Portugal, Sarmiento manteve sempre fortes relações com a pátria através de várias cartas, propostas de obras e edições, em português, da maioria das suas obras. Acabou por manter ao longo de toda a sua vida um importante esforço de difusão da ciência moderna e do newtonianismo em particular, não se limitando,

---

<sup>36</sup> retirado da ficha do Documento (ms. 593) existente na Biblioteca Nacional - edição electrónica

“à tentativa de influenciar as élites políticas portuguesas, ou à divulgação dos seus escritos científicos e médicos. Ele procurou estabelecer contactos com os meios portugueses interessados na ciência moderna.”<sup>37</sup>

---

<sup>37</sup> Dias, 2005: 75.

### 3. NEWTONIANISMO NO CONTINENTE EUROPEU

#### 3.1. Introdução

Com a publicação dos *Principia* iniciou-se no continente europeu, um movimento lento, mas progressivo, de adopção da nova corrente filosófica, que entre outros aspectos, irá debater-se com o implantado cartesianismo. Neste capítulo iremos rever alguns dos principais autores que, em vários países europeus, contribuíram para esse novo movimento. Neles se incluíram desde académicos a religiosos que, sobretudo, através de obras de divulgação para leitores não especializados, conseguiram manter essa corrente em progresso. Dentro dessas obras de divulgação, ganharam grande aceitação no continente os *Elementos da Filosofia de Newton*, de Voltaire e o *Newtonianismo Para as Damas* de Algarotti, que comentamos, tendo como pano de fundo a teoria das marés newtoniana, objectivo também da *Theorica*. Como foi aceite, em Portugal, essa corrente é o objectivo da segunda parte deste capítulo, em que introduzimos o ambiente cultural joanino, receptivo, em parte, às novas ideias e analisamos os principais factores que no nosso país permitiram essa aceitação, na primeira metade do século XVIII.

#### 3.2. A Difusão do Newtonianismo no Continente

No continente os filósofos mantiveram-se essencialmente fiéis ao mecanicismo cartesiano, já que o newtoniano, como resultado da utilização das forças à distância, fazia-lhes crer no retorno às qualidades ocultas. Catorze anos após a publicação dos *Principia*, em 1701, a Europa estava ainda profundamente submetida, a um neocartesianismo, cujas figuras mais representativas eram Leibnitz e Malebranche, mas com a herança de Huygens ainda bem presente. A Astronomia era dominada em Greenwich por Flamsteed, agora inimigo de Newton, e em Paris pelos Cassini. A Matemática era encabeçada por Leibnitz e seus seguidores, estando as suas ideias completamente disseminadas por todo o continente, com especial incidência na Academia Francesa, devido ao trabalho de Varignon. Meio século depois assistiu-se a uma mudança completa, que teve como denominador comum a aceitação das ideias dos filósofos ingleses, anteriormente tidas como ininteligíveis e até quase bizarras. Bacon, Harvey e Boyle, foram reinterpretados sendo agora considerados como os percussores

Transcrevemos das *Memórias*, de Voltaire, o ambiente intelectual que se vivia em torno de vários newtonianos,

“ Estava cansado da vida ociosa e turbulenta de Paris, da multidão de sabichões; dos maus livros impressos com aprovação e privilégio do Rei; das cabalas dos homens de letras, das baixeiras e do banditismo dos miseráveis que desonravam a literatura. Descobri em 1733 uma jovem senhora que pensava quase como eu e que tomou a resolução de ir passar alguns anos ao campo, para aí cultivar o seu espírito longe do tumulto do mundo. Era a senhora marquesa do Châtelet, a mulher de França com mais disposições para todas as ciências.

O seu pai, o barão de Breteuil, tinha-a mandado aprender latim, que ela dominava como a senhora de Asier; sabia de cor os mais belos trechos de Horácio, de Virgílio e de Lucrecio. Todas as obras filosóficas de Cícero lhe eram familiares. O seu gosto dominante era pelas matemáticas e pela metafísica. Raras vezes se aliaram tão grande justeza de espírito ou maior gosto com tão grande ardor de se instruir; nem por isso amava menos o mundo e todos os divertimentos da sua idade e do seu sexo; todavia, tudo deixou para ir enterrar-se num castelo deteriorado nas fronteiras da Champanha e da Lorena; num terreno muito ingrato e plebeu. Embelezou o castelo, que adornou de jardins muito agradáveis; aí construí uma galeria; aí instalei um belo gabinete de física; tivemos uma biblioteca numerosa. Alguns sábios vieram filosofar no nosso retiro. Tivemos por dois anos inteiros a célebre Kōnig, que morreu professor em Haia e bibliotecário da senhora princesa de Orange. Maupertuis veio com Jean Bernouilly; e logo Maupertuis, que nasceu o mais ciumento dos homens, me tomou por objecto desta paixão que lhe foi sempre muito cara.

Ensinei inglês à senhora do Châtelet que ao fim de três meses sabia tanto como eu e que também lia Loke, Newton e Pope. Aprendeu igualmente depressa o italiano, lemos juntos todo o Tasso e todo o Ariosto, de modo que quando Algaroti veio a Cirey, onde terminou o seu Neutoniano per le dame, encontrou-a suficientemente sabedora da sua língua para lhe dar bons conselhos que ele aproveitou. Algaroti era um veneziano muito amável, filho de um riquíssimo mercador; viajava por toda a Europa, sabia um pouco de tudo e em tudo punha graça. Neste delicioso retiro procurávamos apenas instruir-nos, sem nos informarmos do que se passava no resto do mundo. A nossa maior atenção voltou-se durante muito tempo para o lado de Leibnitz e de Neuton. A senhora do Châtelet dedicou-se primeiro a Leibnitz e desenvolveu uma parte do seu sistema num livro muito bem escrito intitulado *Institutions de physique*. Em nada procurou vestir esta filosofia de ornamentos estranhos; tal presunção não entrava no seu carácter viril e verdadeiro. Clareza, precisão e elegância compunham o seu estilo. Se alguma vez foi dada alguma verosimilhança às ideias de Leibnitz, é neste livro que a podemos procurar. Mas hoje o que Leibnitz pensou já começa a não embarçar.

Nascida para a verdade, em breve ela abandonou os sistemas para se dedicar às descobertas do grande Neuton. Traduziu para francês todo o livro dos *Principia mathematica* e depois, assim que fortificou os seus conhecimentos, acrescentou a este livro, que tão pouca gente entende, um comentário algébrico que também não está ao alcance do comum dos

do método newtoniano. Hall<sup>1</sup> considera a obra de Voltaire, *Cartas a respeito da nação inglesa* ou *Cartas Filosóficas*, de 1734, como representativa dessa mudança,

“ Muito poucas pessoas lêem Descartes em Londres, cujas obras, de facto se tornaram inúteis; também muito poucos lêem Newton, já que é necessário possuir muita sabedoria para o compreender; contudo todos falam deles; não reconhecem nada ao francês e dão todo o mérito ao inglês. Alguns crêem mesmo que se já não acreditamos no horror ao vazio, que se sabemos que o ar é pesado, se nos servimos do óculo, o devemos a Newton. Assim se torna no Hércules da fábula a quem os ignorantes atribuem todos os feitos dos outros heróis.”<sup>2</sup>

É ainda nesta carta que Voltaire aborda a questão dos turbilhões e da gravitação newtoniana,

“ Um francês que chegue a Londres encontra tudo bem mudado, quer em filosofia quer no resto. Deixou o mundo cheio; encontra-o vazio. Em Paris vemos o universo composto por turbilhões de matéria subtil; em Londres não vemos nada disto. Entre nós é a pressão da lua que causa o fluxo do mar; em Inglaterra é o mar que gravita em direcção à lua, de forma que, quando cremos que a lua nos trará maré alta, estes senhores acreditam que devemos ter maré baixa; o que infelizmente, não se pode verificar, já que seria preciso, para esclarecer este ponto, examinar a lua e as marés no primeiro instante da criação.”<sup>3</sup>

Ao longo do meio século de transição, a estratégia de difusão do newtonianismo passou por duas grandes áreas. A primeira foi a dos textos académicos, normalmente destinados a um público universitário, onde se inserem os trabalhos de s'Gravesande e Mussenbroek, entre outros. Daniel Bernoulli, por exemplo, recebeu da Academia de Ciências de Paris, um prémio por uma memória por si escrita, em 1732, sobre o problema dos dois corpos, que traduz analiticamente as ideias de Newton<sup>4</sup>. A segunda é a dos textos de divulgação, onde se inserem a *Theorica* de Sarmiento, os *Elementos da Filosofia de Newton*, de Voltaire, o *Newtonianismo para as Damas*, de Algarotti ou o *Teatro Crítico Universal e Cartas Eruditas*, de Benito Feijoo, o divulgador espanhol, da primeira metade do século XVIII, que resumiu, explicou e justificou a recepção em Espanha das ideias mais avançadas no campo da Física Moderna<sup>5</sup>.

Os *Elementos da Filosofia de Newton*, de 1738, surgem pela mão do homem que escreveu as *Cartas Filosóficas*, inspirado por Madame du Châtelet, sua companheira.

<sup>1</sup> Hall, 1988: 476

<sup>2</sup> Voltaire, 1992: 61

<sup>3</sup> Ibid.: 59

<sup>4</sup> Taton, 1960: 59

<sup>5</sup> Rodriguez, 2000: 305

leitores. O sr. Cleraut, um dos nossos melhores géometras, reviu precisamente este comentário. Começou-se uma edição; não honra o nosso século ela não ter sido concluída.”<sup>6</sup>

Os *Elementos* surgem neste período de Cirey, que se prolonga até 1750, quando morre Mme du Châtelet. Como refere na própria obra, Voltaire desenvolveu alguns teoremas e realizou até algumas experiências, como a do prisma. Dividiu a obra em três partes: Metafísica, Física Newtoniana e uma terceira parte dedicada à gravitação newtoniana. A primeira parte é dedicada aos debates entre cartesianismo e newtonianismo, a segunda aborda a Óptica newtoniana e é na terceira parte que vamos encontrar a explicação sobre as marés. Para o efeito, Voltaire dedica-lhe o capítulo XI, desta terceira parte, auxiliado por oito figuras, inseridas nas setenta e três do anexo. Dentro do capítulo verificamos que a fase inicial desmonta a explicação cartesiana das marés, através de quatro pontos. No primeiro contrapõe a teoria com o facto das marés serem mais altas na Lua nova, fazendo a demonstração com recurso à existência do vórtice,

“ 1. Na suposição deste pretenso turbilhão de matéria subtil, todas as linhas pressionariam igualmente em direcção ao centro de nosso globo. Assim a Lua (Figura 63) deveria igualmente pressionar nos quartos em R e na Lua cheia em P, supondo que ela pressionasse. Assim não haveria maré.”<sup>7</sup>

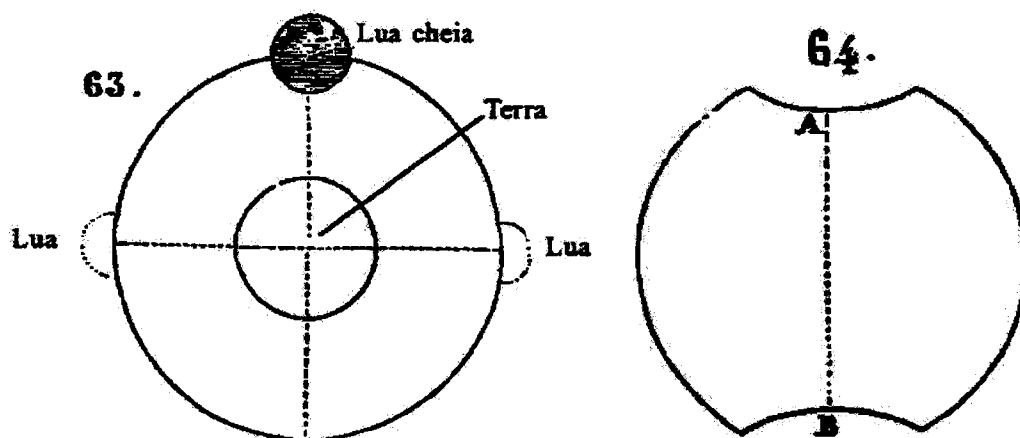


Fig. 3.1- As figuras 63 e 64 do anexo dos Elementos.

Para o ponto 2, recorrendo agora, ao conceito de densidade e impulsão crítica o sistema cartesiano pois, “que haja uma Lua ou cem Luas acima dos nossos mares, isto é absolutamente igual no sistema imaginário dos turbilhões e do pleno. Nenhuma destas

<sup>6</sup> Voltaire, 2000: 7

<sup>7</sup> Voltaire, 1996: 205

luas deve ser considerada a não ser como uma quantidade igual de matéria fluida”. Com recurso à figura 64, ele esclarece que a teoria dos vórtices não tem capacidade para explicar o duplo lóbulo,

“ Pressionai um balão bem cheio de ar, ele afundará de um lado quando pressionardes o outro? Ao contrário, não se elevará pelo lado oposto ao que foi pressionado?”<sup>8</sup>

Perante as contradições evidentes, conclui que a gravitação, “força tão inerente a todos os corpos, se apresenta aqui de uma maneira bem sensível: ela é a causa evidente de todas as marés”.

Numa segunda fase do capítulo, Voltaire vai analisar, em cinco pontos, as várias posições dos três astros para explicar as marés altas, baixas e situações extremas. Antes, porém, recorrendo à figura 65,

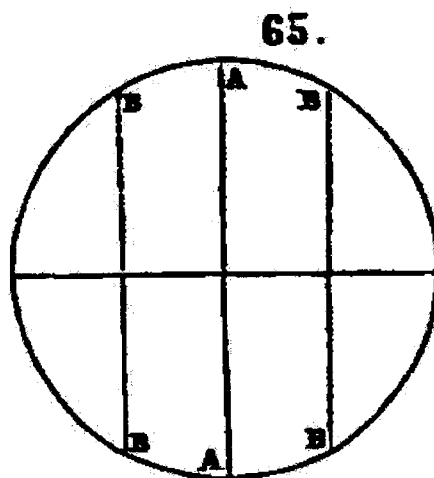


Fig. 3.2- A figura 65 do anexo.

explica o equilíbrio das águas no Equador e nos pólos através das duas “forças centrais”,

“ Este círculo A (figura 65) experimenta mais força centrífuga do que os círculos B. As águas do mar sobem pois na região do Equador somente pela força centrífuga. E não somente as águas, mas as terras que estão no Equador também são necessariamente elevadas.

Esta força centrífuga carregaria todas as partes da terra e do mar se a força centrípeta, sua antagonista, não as retivesse atraindo-as para o centro da Terra. Ora, todo mar que está além dos trópicos em direcção aos pólos, tendo menos força centrífuga, porque gira num círculo menor obedece mais à força centrípeta. Ele gravita, pois, mais em direcção à Terra. Ele pressiona mesmo o mar que se estende para o Equador, e contribui ainda um pouco, por meio

---

<sup>8</sup> Ibid.: 205



desta pressão, para a elevação do mar que está sob a linha. Eis o estado em que fica o oceano apenas pela combinação de forças centrais.”<sup>9</sup>

Assim o ponto 1 da explicação incide sobre as marés em conjunção, oposição e quadratura, situação em que “suas acções devem prejudicar-se uma à outra, e uma deve diminuir a outra”, donde também conclui que as marés são mais altas na sízigia do que nas quadraturas. No ponto 2 esclarece que “as marés devem ser um pouco mais fortes, permanecendo iguais as outras coisas, na conjunção do que na oposição. E é o que se experimenta”. O ponto 3 pretende mostrar que as maiores marés ocorrem nos equinócios, isto é, “não ocorre precisamente no momento do equinócio, mas um dia ou dois depois (...)”. Tal como fez Sarmiento, que utiliza o Anexo da *Theorica*, para a explicar de uma forma clara, Voltaire no ponto 4 recorre ao conceito de força resultante, para explicar as marés mais baixas do ano,

“ Então acontece com o oceano o mesmo que ocorre com um peso puxado por duas potências agindo perpendicularmente ao mesmo tempo sobre ele, e que não agem mais senão obliquamente: estas duas potências não têm mais a mesma força. O Sol não acrescenta mais à Lua o poder que antes acrescentava, quando a Lua, a Terra e o Sol estavam quase na mesma perpendicular.”<sup>10</sup>

O trabalhos de Newton são evocados no ponto 5, ao esclarecer que as maiores marés acontecem antes do Equinócio da Primavera e depois do Equinócio de Outono,

“ Newton e outros calcularam que a elevação média no meio do oceano é de doze pés. O Sol eleva dois e um quarto, a Lua oito e três quartos.”<sup>11</sup>

A última parte do capítulo é atribuída à explicação do duplo lóbulo. Inicia a questão rebatendo novamente o sistema cartesiano pois “supõe que o peso não é senão o resultado de um turbilhão, e que neste caso, supondo que a Lua pressione este turbilhão (se isto for possível), ele não poderia pressionar ao mesmo tempo dois lugares opostos”. Voltaire não descarta completamente o conceito de pressão, pois para explicar o lóbulo no lado oposto do luminar (D na figura 69), ele considera,

“As águas em F terão uma gravitação maior em direcção ao centro da Terra. Logo, elas pressionam mais do que antes. Portanto, as águas em F devem se aproximar mais, achatam-se, afundar em direcção à Terra.”<sup>12</sup>

---

<sup>9</sup> Ibid., 206

<sup>10</sup> Ibid., 207

<sup>11</sup> Ibid.: 208

<sup>12</sup> Ibid., 209

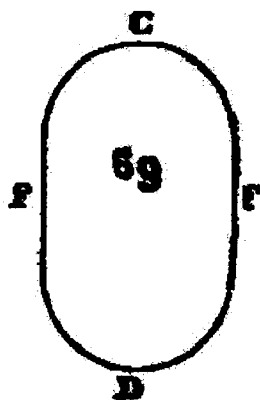


Fig. 3.3- A figura 69 na explicação do duplo lóbulo.

Só mais à frente utiliza o conceito de força. O atraso diário é ainda referido num parágrafo posterior e para terminar, tal como Sarmento, faz uma curiosa abordagem á precessão dos equinócios, onde a questão histórica comércio marítimo/explicação das marés é relembada,

“ De resto, estas marés do mar oceano parecem ser, tanto quanto a precessão dos equinócios e o período da Terra de 25.920 anos, um efeito necessário das leis da gravitação, sem que sua causa final possa ser designada. Pois dizer, como tantos autores, que Deus nos dá as marés para a comodidade de nosso comércio, é esquecer que os homens não fazem comércio pelo oceano a não ser de duzentos anos para cá.”<sup>13</sup>

Pierre Louis de Maupertuis, pode-se considerar na transição entre os dois campos anteriores de divulgação. Em 1732 publicou *Discours sur la figure des astres*, considerado o primeiro tratado newtoniano escrito por um francês. Não sendo um livro inovador, quando comparado com as obras de outros autores é, no entanto, um livro certo na altura certa. Surge numa altura em que o cartesianismo ruía nas suas estruturas e precisava do abanão final. O abanão seria a demonstração do achatamento da Terra nos pólos, previsto por Newton e que Maupertuis confirmou pela observação. A obra divulga essa ideia mas apresenta, sempre, como pano de fundo a gravitação newtoniana. Como refere Casini<sup>14</sup> a sua trama é precisa como um teorema. No primeiro capítulo aborda a questão do atraso dos pêndulos e da figura da Terra. O capítulo segundo é dedicado a uma discussão metafísica sobre a atracção, com o objectivo de afastar preconceitos adquiridos no cartesianismo,

---

<sup>13</sup> Ibid.: 209

<sup>14</sup> Casini, 1995: 77

“ A palavra atracção tem espantado os espíritos. Vários têm temido ver renascer na Filosofia a doutrina das qualidades ocultas. Mas é justo reconhecer que Newton jamais considerou a atracção como uma explicação da gravidade de uns corpos em relação a outros; advertiu, várias vezes, que não utilizava esse termo para designar uma causa mas sim um facto; que o utilizava para evitar os sistemas e as explicações; inclusive seria possível que esta tendência fosse causada por alguma matéria subtil que saísse dos corpos e fosse o efeito de um verdadeiro impulso; mas ainda que assim fosse, seria sempre um primeiro facto, do qual se poderia partir para explicar os restantes que dependem dele.”<sup>15</sup>

Os capítulos III e IV, visam demonstrar que o sistema de turbilhões é uma hipótese arbitrária, enquanto no capítulo V – *Das diferentes leis da gravidade, e das figuras que podem dar aos corpos celestes*, invalida as observações geodésicas, realizadas em França, desde J. Picard até J. Cassini,

“ Todas as leis newtonianas e não newtonianas de atracção conferem aos astros dotados de um movimento de revolução em torno do seu próprio eixo a figura de esferóides achatados.”<sup>16</sup>

No último capítulo *Conclusão. Conjecturas sobre a atracção*, apresenta, após uma discussão sobre as diferentes formas de  $1/d^n$ , uma justificação interessante, mas metafísica para a expressão adoptada,

“ Digo que, supondo que Deus pretendesse estabelecer uma lei da atracção para a matéria, todas as leis não deveriam parecer-lhe iguais.

Os únicos corpos em redor dos quais a atracção, qualquer que fosse, pudesse exercer-se igualmente em todas as partes, seriam os corpos esféricos; e o único ponto, destes corpos, ao qual se podem referir as distâncias é o centro. Então se se supõe que Deus tenha querido que algum corpo conservasse a mesma propriedade, extensível a toda a matéria, de atrair de todas as partes igualmente os corpos, seguindo a mesma proporção, seria necessário que a atracção das partes da matéria seguisse uma lei, de tal maneira, que os corpos esféricos, formados por ela, também a seguissem: esta uniformidade poderia ser uma razão para a lei, onde se encontrasse e portanto todos os sistemas possíveis de atracção não seriam iguais.”<sup>17</sup>

Sobre os trabalhos com os pêndulos que levaram à determinação da forma da Terra, onde se insere a expedição de Maupertuis, falaremos mais à frente<sup>18</sup>.

Maupertuis, presidente da Academia das Ciências de Berlim, entre 1746 e 1759, foi também quem primeiro enunciou o Princípio da Acção Mínima. Neste Princípio, apresentado com carácter universal, num artigo de 1746, Maupertuis pretendia explicar as leis do movimento e em consequência a própria existência de Deus. Inicialmente

---

<sup>15</sup> Maupertuis, 1985: 52

<sup>16</sup> Ibid.: 76

<sup>17</sup> Ibid.: 88

<sup>18</sup> No sub-capítulo 5.5. *Apresentação dos Principia*

aplicado, através de um artigo de 1744<sup>19</sup>, à explicação da refração da luz, o Presidente da Academia Berlinense, pretendeu com este segundo artigo, aplicá-lo a situações de natureza mecânica, como a colisão entre corpos elásticos, colisão de corpos não elásticos e equilíbrio da alavanca, dando-lhe um carácter formal. No princípio Maupertuis considera que “quando ocorre qualquer mudança na natureza, a quantidade de acção necessária para essa mudança é a menor possível”. Para além da vertente científica o autor quis ampliar o âmbito do princípio ao considerar que podia ser considerado uma aplicação da ideia das *causas finais* (Leibnitz defendia dois modos diferentes de estudar Física: o das causas eficientes, analisando o modo como os efeitos são produzidos; e o das causas finais, a que estão associados máximos e mínimos, de acordo com os caminhos mais simples e económicos da natureza), que associado à sua universalidade podia ser uma prova da existência de Deus. Esta pretensa prova da existência de Deus, foi um dos pontos que permitiu a Voltaire criticar Maupertuis, quando o filósofo tomou partido por Konig numa acesa polémica contra o Presidente da Academia, em que este é acusado de plágio, no enunciado do Princípio da Mínima Acção.

Leonhard Euler, o grande matemático, que se iniciou com Johann Bernoulli e que apoiou Maupertuis, na polémica anterior, dividiu a sua vida académica entre Berlim e S. Petersburgo e foi também um importante divulgador das ideias de Newton. Ainda que a sua produção intelectual, com 866 títulos, esteja predominantemente repartida pela Matemática, cerca de 28 % é atribuída a temas de Física. Ferramentas para prever a deformação de colunas e traves, melhorias no casco de navios, desenho de velas e âncoras, uma teoria das lentes anacromáticas, teorias para descrever os movimentos de cordas e pratos de metal vibratório, são algumas das aplicações a que Euler se dedicou. Em 1736, publica *Mechanica sive Motus Scientia Analytice exposita*, que é o primeiro tratado que concebe e expõe a mecânica do ponto material como uma ciência racional<sup>20</sup>. Nessa obra retira da Estática a noção de força e demonstra que as regras de equivalência e de composição de forças estáticas se estendem aos seus efeitos dinâmicos. De acordo com a tradição newtoniana, a força surge em primeiro lugar, sendo a massa uma noção derivada. No campo da Física publicaria ainda, em 1760, a *Theoria motus corporum solidorum*, em que surgem os conceitos de centro de massa ou centro de inércia, mas

---

<sup>19</sup> Fitas, (s/d): 5

<sup>20</sup> Taton, 1960: 47

que a corporização newtoniana da dinâmica da rotação é apresentada. O seu trabalho de divulgação passa essencialmente por duas obras: *Reflexões sobre o espaço e o tempo* e *Cartas a uma princesa alemã sobre diversos temas de física e filosofia*. Na primeira Euler defende as noções newtonianas de espaço e tempo, perante as concepções de Leibnitz. Na segunda obra a física e a filosofia são abordadas em 234 cartas, escritas em Berlim, entre Abril de 1760 e Maio de 1762, dirigidas à sobrinha do rei da Prússia, uma adolescente de 15-17 anos, cujo pai tinha entregue a Euler a sua educação. Nessas cartas encontramos temas de óptica, mecânica, acústica, electricidade, entre outros. Dentro da mecânica, existem seis cartas dedicadas à teoria das marés, fazendo parte de um grande grupo onde a teoria da gravitação newtoniana é exposta. Não tivemos acesso a essas seis cartas, mas registamos aqui uma transcrição da carta 53, onde é abordada a explicação das marés,

“ Por isso o sistema de Newton é também denominado sistema da atracção. Como não há nenhuma dúvida de que os corpos que se encontram muito perto da Lua são também impulsionados por uma força semelhante à pensatez, poderá dizer-se que também esta atrai os corpos vizinhos; e talvez esta atracção da Lua se estenda até à Terra, ainda que sem dúvida seja muito fraca, tal como vimos que a atracção da Terra sobre a Lua é consideravelmente fraca. Ora bem, o mesmo filósofo tirou as dúvidas sobre isto ao mostrar que o fluxo e refluxo, de que terei ocasião de falar noutra altura [Cartas 62-67], são causados pela atracção que a Lua exerce sobre as águas do mar. “<sup>21</sup>

Outro ilustre autor do círculo de Cirey é o conde Francesco Algarotti. Filho de um rico mercador de Veneza, estudou em Bolonha sob a supervisão de importantes personagens como o astrónomo Eustachio Manfredi e os filósofos naturais Francesco Maria Zanotti e Jacopo Becarri. Em 1728, Algarotti, foi incentivado a reproduzir as experiências de Newton sobre a refacção e a imutabilidade das cores<sup>22</sup>. As experiências, realizadas no Instituto de Ciências de Bolonha, terão sido, no continente, as reconstituições mais rigorosas da época. A grande obra de Algarotti é *Newtonianismo per le Damme*, de 1737, obra rapidamente, traduzida para várias línguas. No semanário *Português Universo Ilustrado*, de 1878, pode ler-se uma pequena Biografia de Algarotti, onde se refere a possível tradução da obra para o português,

“ O amor da sciencia, o desejo de se expandir em teatro maior, fizeram sair Algarotti da sua casa de Roma e levaram-o, aos 21 annos, a França onde se relacionou com Voltaire e outros philosophos. Foi no centro d’esta sociedade sabia e espirituosa que Algarotti escreveu os seus

---

<sup>21</sup> Euler, 1985: 78

<sup>22</sup> Mazzotti, 2003: 6

diálogos acerca da óptica de Newton, intitulado: *Newtonianismo per le Dame*, reimpressos com o título: *Diologhi sopra l'ottica Newtoniana*. Esta obra foi traduzida em francez, russo, alemão e portuguez.”<sup>23</sup>

Feher<sup>24</sup> refere também a edição em português, mas não tivemos oportunidade de a encontrar. Como indica a citação, Algarotti, faria posteriormente a revisão da sua obra, com o objectivo de retirá-la do Index, em que a igreja a havia colocado. Em termos de objectivos, a obra pretende a divulgação da óptica newtoniana, e para o fazer o autor constrói um diálogo ameno e relaxante entre um cavalheiro e uma marquesa. Os diálogos passam-se numa vila turística, próximo do lago Garda, na parte continental da República Veneziana. A obra é dividida em seis diálogos que se desenrolam em cinco dias consecutivos. Nos primeiros três diálogos o cavalheiro conduz a marquesa pelos caminhos do conhecimento, desde os antigos até Descartes, passando por Malebranche. A marquesa torna-se cartesiana, mas a partir do quarto diálogo, inicia-se a sua adesão ao Newtonianismo, através da descrição de experiências ricamente ilustradas pelo cavalheiro. O sexto diálogo é o dedicado à gravitação newtoniana, sendo um dos objectivos do autor, estabelecer uma relação com a reflexão e refacção da luz.

Para a sua explicação das marés, utiliza as páginas 230 a 247, na tradução francesa de 1738. Não utiliza quaisquer figuras e a sua primeira preocupação é relacionar a massa e a intensidade da força de atracção, ao apresentar a regra em que “*les corps, ajoûtai-je, n’attirent qu’en proportion de la quantité de matière qu’ils contiennent*”. Esta regra leva-o a explicar a relação entre uma bola de ouro e uma de madeira,

“ (...) *une balle d’or doit avoir plus d’atraction qu’une boule de bois de la même grosseur, parce que la balle d’or est plus pesante; & si elle pese cent fois plus, ce qui vaut aulant que de dire, si elle contient cent fois plus de matière, elle aura aussi cent fois plus de force attractive.*”<sup>25</sup>

Na continuação destas comparações relaciona a força atractiva de algumas montanhas com o próprio planeta e refere que são os oceanos que nos fazem ver os efeitos desta atracção e o fluxo e refluxo não é mais que uma consequência de “*l’attraction que la Lune exerce sur la partie fluide de notre Globe*”. Algarotti faz também uso da história e mitologia da explicação das marés, por exemplo, para introduzir o ciclo diário. Na página 235, surge a crítica à teoria de Descartes,

---

<sup>23</sup> O Universo Ilustrado, semanário de instrução e recreio, In Bernardo, 2005: 469

<sup>24</sup> Feher, 1998: 52

<sup>25</sup> Algarotti, 1738: 28

“ Telle sut l’enfance de la Philosophie chez tous les Peuples, même les plus policés; l’explication de Descartes qui vint dans un tems, où le Monde étoit déjà vieux, paroît aussi ingenieuse qu’il faut pour être belle, mais non pas comme elle doit être pour sympathiser avec la vérité.”<sup>26</sup>

Os próximos parágrafos incidem sobre as forças contractivas e expansivas, cuja ideia do *Anglois*, permite explicar melhor o abaixamento e levantamento dos mares. Desejando explicar melhor o ciclo diário, apresenta uma explicação detalhada da formação do duplo lóbulo, em que “la figure d’une pomme il prend celle d’un limon”.

“L’eau qui se trouve directement sous la Lune, & qui en est par conséquent la plus voisine doit en être attirée avec plus de vigueur que le reste des ondes; parce que le reste en este plus éloigné, puisque la Planete ne le voit qu’en ligne oblique.

Au moyen de cette attraction les flots de l’Ocean doivent s’accumuler de toutes parts, & former une montagne liquide, dont le sommet sera sous la Lune même.

La Terre en même-tems est aussi un peu attirée par la Lune; mais la portion d’eau, qui baigne l’Hemisphere Antípode, ne l’est presque point à cause de son grand éloignement.

Cette portion sera donc comme abandonnée par la Terre, qui suit un peu l’attraction de la Lune, & par consequent il y aura une seconde montagne d’eau; ainsi en voilà deux, l’une totalement oppose à l’autre.”<sup>27</sup>

Um dos pontos muito abordados ao longo do texto é o comportamento da foz dos rios perante a realidade das marés. Após explicar as anomalias orográficas como responsáveis pelos atrasos nas marés, Algarotti fala das marés na foz do Tamisa e da sua importância para o comércio marítimo. A parte intermédia deste assunto é dirigida a explicar à marquesa o porquê das fracas marés no Mediterrâneo, que o conde sugere,

“ D’ailleurs, par rapport au peu d’étendue de la Méditerranée même, les soibles marées que la Lune y sait naître, souffrent trop d’interruptions. Tant d’Isles, tant de Cotes & de Détroits empêchent que le flux & reflux n’y soit considérable.”<sup>28</sup>

Os mares Báltico e Adriático, as “Terras Austrais” e a zona de Dunquerque são também analisados em relação às suas marés excepcionais.

A terceira e última parte é dedicada às situações de conjunção, oposição e quadratura e solstícios/equinócios. O papel do Sol é realçado já que ainda « qu’il est infiniment plus éloigné de la Terre que la Lune, mais en recompense il est d’une grandeur démesurée, qui ne lui permet pas de rester oisif dans l’affaire du flux &

---

<sup>26</sup> Ibid.: 235

<sup>27</sup> Ibid.: 237

<sup>28</sup> Ibid.: 240

reflux ». Para a quadratura e alinhamento dos corpos utiliza o conceito de cruzamento e conspiração de forças. Menos rigorosa é a sua análise da inércia das águas,

“ Une chose qu’il faut pourtant observer, c’est que l’impression communiquée aux vagues, & retenue pendant quelque-tems dans leur sein, ne doit qu’un ou deux jours après la nouvelle ou pleine Lune produire le plus grand gonflement de la Mer. Telle est pendant l’Eté l’augmentation des chaleurs conservées dans l’air & jointes à la chaleur suivante, quoique moindre en effet.”<sup>29</sup>

As grandes marés de Fevereiro e Outubro servem de enquadramento sobre as posições equinociais,

“ Enfin, les plus considérables des toutes les Marées tombent dans les nouvelles ou pleines Lunes des Equinoxes, parce qu’à la conspiration des forces du Soleil & de la Lune, il se joint pour lors une grande agitation dans les eaux; mais le Soleil étant plus voisin de la Terre pendant l’Hyver que dans l’Été, sait qu’au lieu d’arriver précisément dans le tems des Equinoxes, ces grosses Marées n’arrivent qu’un peu avant celui du Printemps, & un peu après celui de l’Automne, c’est-à-dire dans le moins de Février & dans le mois d’Octobre.”<sup>30</sup>

Por último Algarotti, antes de passar à análise dos cometas, para os quais a sua aproximação a Saturno, “être pour elle ce qu’etoit d’abord pour les Portugais le Cap de la Tourmente, que leur avare temerité nomma dans la suite le Cap de Bonne Esperance”, tenta analisar as possíveis marés noutros corpos do sistema solar.

### 3.3. Newtonianismo em Portugal na primeira metade do Séc. XVIII

Rómulo de Carvalho, no seu artigo *A Aceitação em Portugal da Filosofia Newtoniana*<sup>31</sup>, refere vários caminhos através dos quais o Newtonianismo se teria, progressivamente, instalado em Portugal. A edição de obras, as sessões de Física Experimental por demonstradores estrangeiros e portugueses, os contactos entre nacionais e portugueses no estrangeiro, os contactos entre nacionais e estrangeiros residentes em Portugal e as actividades das Academias e Sociedades científicas, estas referidas pelo autor em trabalhos posteriores, foram as vias apontadas. Uma rápida análise mostra uma clara semelhança entre os processos nacionais e os utilizados no resto da Europa. Seguindo este roteiro vamos analisar estes caminhos para tentar enquadrar os objectivos de Sarmiento e da *Theorica*, começando por uma pequena revisão do estado das “Ciências” e seus pontos mais representativos, naturalmente com

---

<sup>29</sup> Ibid.: 244

<sup>30</sup> Ibid.: 245

<sup>31</sup> Carvalho, 1997A: 271-285



destaque para a Física, num Portugal entre a recuperação da independência e o ambiente cultural joanino.

### 3.3.1. A Ciência Portuguesa de 1650 A 1750

Na segunda metade do século XVII, a astronomia portuguesa, então um dos ramos da matemática, estava virada para o pensamento árabe, descuidando o estudo de Copérnico, Kepler ou Galileu<sup>32</sup>. Ao longo desse século surgem várias obras, incidindo essencialmente sobre dois temas: a *cronologia dos tempos*, em que a correcta elaboração do calendário servia objectivos essencialmente religiosos, como a marcação da Páscoa e o apoio à Náutica. Destacamos, entre estas, a obra do padre António Carvalho da Costa, pela abrangência de matérias e por ter sido escrita em português. É também neste período que no, cientificamente muito activo, Colégio de Santo Antão, os jesuítas criam a primeira cadeira de Astronomia.

D. João V empenhou-se em promover o estudo e a prática da Astronomia “levado por certo da natural inclinação que tinha por este importantíssimo ramo das ciências matemáticas”<sup>33</sup>, a que temos de associar a necessidade prática da determinação das longitudes do Brasil Meridional. A dedicação e gastos do rei nesta área seria apenas mais uma manifestação do esplendor da sua pessoa e do seu reinado<sup>34</sup>. D. João V mandou trazer para Portugal primorosos instrumentos para observação astronómica, normalmente encomendados aos principais mestres europeus, através do corpo diplomático. Chama os matemáticos jesuítas Domingos Capassi, Francisco Musarra e João Baptista Carbone, para realização de trabalhos no hemisfério sul. Carbone nunca viria a executar tais trabalhos, pois veio a tornar-se pessoa de confiança do rei, sendo nomeado *matemático régio*. Com o material adquirido no estrangeiro o monarca mandou construir dois observatórios na segunda década do século, ficando um no Paço da Ribeira e o outro no Colégio de Santo Antão, no qual Carbone foi reitor e que, pensa-se, terá exercido influência na sua construção. O rei assistia às observações realizadas por Carbone, no observatório do Paço, e possivelmente também realizaria observações através do telescópio. A primeira observação registada data de 1 de Novembro de 1724 e assume uma especial importância para Portugal, já que é a partir dela que o país surge nas *Philosophical Transactions*. Segundo noticia a Gazeta de Lisboa nas observações

---

<sup>32</sup> Osório, 1985: 120

<sup>33</sup> Ibid.: 122

<sup>34</sup> Carvalho, 1985: 39

estiveram Carbone, Capassi, Domingos Pinheiro e o Coronel Manoel da Maya, engenheiro militar que coordenou as obras da reconstrução de Lisboa após 1755. As medições efectuadas, associadas aos instrumentos utilizados, tiveram uma qualidade elevada o que permitiu que a Royal Society as reconhecesse e as mandasse publicar nas *Philosophical Transactions*. A Sociedade inglesa achou mesmo que seria interessante manter correspondência “com os nossos matemáticos”, através de um dos seus sócios<sup>35</sup>. O sócio responsável passou a ser Isaac Sequeira Samuda, médico judeu português, radicado em Londres, sócio desde 1723. Para além do carácter lúdico das observações Carbone pretendia obter com elas informações de maior importância, como a longitude, através dos eclipses e a latitude, pelas medições da altura do Sol de Lisboa. A última comunicação nas *Transactions* data de 2 de Fevereiro de 1730 e inexplicavelmente até à morte de Carbone (1750) não há mais registos. Capassi dirigiu-se para a América do Sul acompanhado por outro padre jesuíta, Diogo Soares. A sua missão consistia em esclarecer melhor a longitude de Sacramento, colónia em disputa com os Espanhóis, devido à ambiguidade do meridiano do Tratado das Tordesilhas.

Outro êxito importante da astronomia portuguesa deste período foram as missões dos jesuítas à China, onde conseguiram aliar à divulgação da fé cristã o rigor científico das suas observações. André Pereira, o nome mais referenciado devido ao rigor e à adesão dos chineses aos acontecimentos astronómicos, consegue ficar na China, mesmo após a expulsão dos missionários pelo Imperador. É ele também um dos responsáveis pelas comunicações das observações à Royal Society.

Neste período, de recuperação da identidade nacional, a Engenharia portuguesa visava, sobretudo, o desenho de fortificações, inicialmente realizado por estrangeiros, progressivamente começou a ser realizado por engenheiros portugueses. O primeiro, que teve relevância, foi Luís Serrão Pimentel (1613-1678). Coursou humanidades num colégio de jesuítas e devotou toda a sua vida à Cosmografia, à Náutica e à Ciência Militar. Em 1641 iniciou uma carreira brilhante, que o levou a tenente-general de artilharia, a engenheiro mor do exército e província do Alentejo e a cosmógrafo mor do reino. A sua iniciativa mais notável foi a criação da *Aula de Fortificação e Architectura Militar*, que em 1647 tomou o nome de Academia Militar, tendo ficado instalada na Ribeira das Naus. Foi da Aula de Fortificação e das escolas do Exército, que a substituíram, que saíram todos os engenheiros militares do reino. Enquanto na *Aula da*

---

<sup>35</sup> Ibid.: 48

*Esfera*, da Universidade de Coimbra, se aprendiam os rudimentos de Náutica e Astronomia, a *Aula da Fortificação* veio colmatar a prevista *Aula de Matemática*, que não chegou a sair do papel. Neste período a Fortificação, era um ramo da Matemática, mas não estava a ser ensinada em nenhum local do país<sup>36</sup>.

Já no período de D. João V, outra figura importante foi Manuel de Azevedo Fortes (1660-1749), engenheiro de grande vulto no iluminismo português. Estudou em Espanha e em França e leccionou em Itália. No fim do séc. XVII, regressou a Portugal para se encarregar das obras de Engenharia Militar. Em 1719, foi nomeado Engenheiro-mor do reino. As lições da Academia Militar converteram-se na obra *O Engenheiro Portuguez*, a partir da qual podemos analisar a formação que era dada ao engenheiro de setecentos. Para além da Matemática, Geometria, Desenho Topográfico, Arquitectura de Fortificação e conhecimento de tecnologias militares, o engenheiro deveria dominar a Hidráulica e ter conhecimentos de Mecânica e Balística. *O Engenheiro Portuguez*, foi o primeiro livro, escrito em Portugal, sobre problemas de Geometria Prática<sup>37</sup>, em que a profissão é ensinada em função dos seus quesitos científicos e onde a engenharia é separada da Arquitectura<sup>38</sup>.

Acompanhando a Europa, este período é também o da *Iatroquímica* portuguesa, uma *química* ao serviço da Medicina, com a preparação de remédios e a preocupação na explicação dos processos que ocorrem nos organismos vivos. Entre os principais médicos associados a este tipo de *química*, destacam-se Garcia de Orta (1499-1568), Amato Lusitano (1511-1568) e Ribeiro Sanches (1699-1783). Com uma vida algo atribulada, entre Lisboa e várias cidades europeias, Ribeiro Sanches foi médico da corte imperial russa e nas viagens em que acompanhou os exércitos imperiais recolheu numerosos produtos naturais, aos quais somou aqueles enviados por colegas suas noutras partes do globo. Manteve correspondência com missionários na China, e o resultado dos seus estudos eram prontamente disponibilizados para sábios que os pudessem utilizar no progresso da Ciência. Escreveu o *Tratado da conservação da Saúde dos Povos*, na sequência do terramoto de 1755. Apresentou várias dissertações sobre as propriedades farmacêuticas das flores-de-zinco, tintura das cantáridas, das

---

<sup>36</sup> Guerra, 1995: 133

<sup>37</sup> *Ibid.*: 133

<sup>38</sup> Diogo, 2001: 215

raízes de chumbo, etc. Aderente ao Newtonianismo, de que falaremos no capítulo seguinte, toda a sua obra foi reunida em 27 volumes de grande formato.

Neste campo do saber queremos também salientar a contribuição de Rafael Bluteau, académico importante, que entre as suas múltiplas abordagens, recitaria, na terceira sessão da Academia Portuguesa Ericeirence, uma lição académica sob o título *Da Possibilidade da Pedra Filosofal*, deixando-nos o resumo nas suas *Lições Académicas sobre perguntas em Matérias Physicas*<sup>39</sup>. O mesmo Rafael Bluteau classificaria, em 1732, a obra *Ennaea ou Aplicação do Entendimento sobre a Pedra Filosofal*, tratado alquímico, do médico do reino, Anselmo Correia, em *Obra Maxima, Obra Summa*, que a todos prova que “tambem em Portugal há engenhos capazes para penetrar nos Arcanos da mais occulta philosophia”.

O séc. XVI foi o período em se começaram a utilizar medicamentos. Só após a publicação de *Polianteia medicinal* (1695) pelo médico João Curvo Semedo (1635-1719), com o apoio de Francisco Fonseca Henriques (1665-1731), médico de D. João V, é que a comunidade médica portuguesa aceitou pacificamente os medicamentos químicos, pois até então a nossa farmácia era essencialmente galénica: medicamentos vegetais, técnica operatória galénica, terapêuticas à base de sangrias, clisteres e purgas, eram o habitualmente usado.

Jean Vigier (1662-1723), comerciante de drogas francês, radicou-se em Portugal, sendo o principal divulgador das ideias de Lémery, autor de *Cours de Chymie*, nunca traduzido em Portugal. Vigier publicou em 1714 *Thesouro Appilineo, Galenico, Chimico, Chirurgico, Pharmaceutico*, onde são abordados os medicamentos químicos, e em 1716 a sua *Pharmacopeia Ulyssiponense*, que constitui a primeira obra em português a tratar de uma forma organizada a preparação de medicamentos químicos<sup>40</sup>.

Para além da Farmácia conventual, assumem especial importância, na primeira metade do séc XVIII, os chamados remédios secretos, cuja composição era sigilosa. Produzidos numa escala maior que os anteriores eram preparados por médicos e cirurgiões. Curvo Semedo e Jacob de Castro Sarmiento, com a sua *Água de Inglaterra*, são disso exemplo.

O século XVIII, é marcado pela disputa entre antigos e modernos, sobre a introdução das novas correntes filosóficas, surgidas no séc. XVII. Em Portugal, o pano

---

<sup>39</sup> Costa, 1992: 158

<sup>40</sup> Pita, 2000: 160

de fundo para esse debate encontramos-lo essencialmente em três locais: o colégio lisboeta de Santo Antão, o conimbricense Colégio das Artes e a Universidade de Évora. Nos colégios, sob administração dos Jesuítas, vários foram os professores que não se mantiveram indiferentes à evolução dos tempos<sup>41</sup>. Os jesuítas do colégio das Artes, reafirmaram por diversas vezes a imperiosa necessidade de se adaptarem oficialmente às ideias dos tempos modernos. Pretendiam uma reforma do ensino, no qual se eliminassem “questões escusadas e inúteis” com o objectivo de se dispor de mais tempo “para estudar outras matérias a que no tempo presente não bastava o antigamente determinado”. Houve mesmo uma adesão quase generalizada por parte dos professores que se interessavam por ciência, quando os novos factos científicos, saídos da experiência, eram claros e concludentes<sup>42</sup>. Os professores de Coimbra avançaram mesmo para um pedido a D. João V, em 1712, no qual solicitavam uma autorização para introduzir uma alteração no Curso de Filosofia do Colégio das Artes, através de uma revisão dos estatutos da Universidade. Argumentavam a necessidade de ampliar o estudo da Física, devido a esta ciência se ter acrescentado notavelmente com as experiências modernas, mais do que anteriormente. D. João V, indeferiu o pedido segundo se reproduz:

“ Dom Joaõ por graça de Deos Rey de Portugal, e dos Algarves, da Quem e da Lem Mar em Africa S.<sup>or</sup> de Guinné &.º Como Protector que sou da Vn.<sup>de</sup> de Coimbra Faço Saber a vós Dom Gaspar de Moscoso e Silva do meu Con.<sup>o</sup>, meu submiher da Cortina, e Reytor da mesma Vn.<sup>de</sup> que por haver noticia no meu Tribunal da Meza da Cons.<sup>cia</sup> e Ordens que no Coll.<sup>o</sup> da Companhia dessa Cidade se quer introduzir nas cadeiras de Filozofia outra forma de Licaõ da que athegora se observava, e mandaõ os estatutos. Hey por bem, e vos mando que havendo nesta matéria alguã alteraçã a façais evitar, fiando de vosso Zello naõ consintais esta nova introduçã, e do que neste particular houver me dareis conta pello dito Tribunal por mãos do meu Escrivã da Cam.<sup>ra</sup> e do desp.<sup>o</sup> delle que esta subscrevo. El Rey nosso S.<sup>or</sup> o mandou pl.<sup>os</sup> DD. António de Freitas Soares, e da Meza da Consciencia, e ordens. João Correa e fes em Lx.<sup>a</sup> a 23 de Setr.<sup>o</sup> de 1712. Manoel Teix.<sup>ra</sup> de Carvalho a fez escreuer

An.<sup>to</sup> de Freitas Soares Dom Francisco de Souza

Por des.<sup>o</sup> da Meza da Cons.<sup>cia</sup>

E ordenz de 23 de Setr.<sup>o</sup> de 1712”<sup>43</sup>

---

<sup>41</sup> Martins, 1999: 18

<sup>42</sup> Ibid.: 18

<sup>43</sup> Ibid.: 19

O mais interessante é que passados 34 anos novo indeferimento seria passado, desta feita pela mão do Reitor do Colégio das Artes, documento que marca o séc. XVIII português e que, segundo a historiografia nacional, representa o atraso português perante a Europa:

“ (...) nos exames, ou Lições, Concluzões publicas, ou particulares se-não insine defençaõ ou opiniões novas pouco recebidas, ou inuteis p.º o estudo das Sciencias mayores como saõ as de Renato, Descartes, Gacendo, Neptono, e outros, e nomeadamen.<sup>te</sup> qualquer Sciencia, q. defenda os actos de Epicuro, ou negue as realid.<sup>es</sup> dos accidentes Eucharisticos, ou outras quaisquer concluzõis oppostas ao Sistema de Aristoteles, o qual nestas escolas se-deve seguir, como repetidas vezes se-recomenda nos estatutos deste Collegio das-Artes.”<sup>44</sup>

No campo da óptica registamos várias contribuições para a explicação da luz e das cores, no sentido dos autores modernos. O Padre Rafael Bluteau apresenta na sua obra mais representativa, *Vocabulário portuguez e latino* (1712-1721), uma definição de luz no qual lhe atribui o carácter de qualidade:

“ Luz- Qualidade subtilissinia, que penetra os corpos diaphanos, & faz todos os corpos visiveis. As principaes propriedades da luz saõ alumear em hum instante toda a esphera da sua actividade, ser a mais pura de todas as qualidades, communicarse sem diminuição, manifestar todas as cores, descobrir os mais pequenos atomos, formar hum circulo, por qualquer buraquinho, pelo qual se insinue.”<sup>45</sup>

Esta concepção é ainda peripatética. Na perspectiva dos modernos pode-se dizer que há um misto de concepções cartesianas e newtonianas, já que estes dois autores foram conhecidos praticamente ao mesmo tempo em Portugal. O oratoriano padre João Batista, considerado essencialmente cartesiano, na sua obra de 1748, rejeita a teoria peripatética e afirma que “a luz consistia num movimento especial de certa matéria subtilíssima existente nos corpos luminosos”<sup>46</sup>. Outros cartesianos importantes foram o Padre Francisco António (1713-1775), professor em Braga, que considerava “ser a luz um acidente, que mal se pode conceber ou explicar sem um sujeito a uma matéria tenuíssima, a qual se agite com movimento vibratório”<sup>47</sup> e o padre Manuel Pinheiro que num manuscrito intitulado *Physica Generalis* (1755?), defende a teoria de Descartes, tal como o padre Inácio Soares em *Philosophia universa eclética*. O padre António Cordeiro, professor em Coimbra, Braga, Porto e Lisboa, no seu *Cursus philosophicus*

---

<sup>44</sup> Ibid.: 19

<sup>45</sup> In Bernardo, 2005: 528

<sup>46</sup> Ibid.: 525

<sup>47</sup> Ibid.: 525

filosofia. Reunidos em Academias, Conferências e Arcádias, homens de letras e ciência, discutiam e apresentavam, quer as suas obras, quer a de outros. Em Portugal registamos várias academias, nos reinados de D. Pedro II e D. João V. A Academia dos Generosos, fundada em 1649 por D. António Álvares da Cunha, dedicava-se à interpretação e explicação dos escritores antigos. A Academia das Conferências Discretas, surge pela mão de D. Francisco Xavier de Menezes, 4º Conde da Ericeira, que através da reforma da Academia dos Generosos, ampliando-a à História e Ciências, é fundada em 1716. Rafael Bluteau, uma figura destacada do academismo deste século, foi um dos membros activos desta Academia. Para além das exposições sobre a literatura francesa, Bluteau falava habitualmente sobre ciência astronómica: os sistemas astronómicos, o alcance dos óculos de Galileu, o livro *De infinito*, de Giordano Bruno, uma informação prestada por Gassendi, em Paris, que o teria informado da provável distância da Terra à Lua (300 000 léguas) e sobre a possibilidade de acertar com a distância das estrelas errantes e fixas, são temas tratados pelo francês<sup>51</sup>. Outras Academias criadas neste período, foram a dos Singulares, de 1663, que publicou dois volumes, surgidos em 1665 e 1668, a Academia do Núncio ou dos sagrados Concílios, fundada em 1715, pelo núncio Apostólico Monsenhor Firrao, versava temas religiosos e, sobretudo, a Academia Real de História Portuguesa. Fundada em 1720 e patrocinada por D. João V, por conselho do historiógrafo Padre Manuel Caetano de Sousa, teve como objectivos iniciais a historiografia religiosa e da casa real. A qualidade dos trabalhos, em termos de verdadeira investigação histórica rapidamente catapultou a instituição para um novel reconhecimento interno e sobretudo externo. Fizeram parte desta instituição, limitada a 50 académicos, homens como Rafael Bluteau, autor do enciclopédico *Vocabulário Português-Latino*, Barbosa Machado, autor da, ainda hoje utilizada, *Biblioteca Lusitana*, D. António Caetano de Sousa, autor da *História Geneológica da Casa Real Portuguesa*, recentemente reeditada, e o mais emblemático homem desta instituição e talvez do iluminismo português: o 4º Conde da Ericeira, D. Francisco Xavier de Meneses.

<sup>51</sup> Cidade, 1973: 38

conimbricenses, afirma que a luz não era uma qualidade mas que consistia em “pequeníssimas partículas ígneas lançadas do fogo ou do sol ou de um astro aceso”<sup>48</sup>. Mais ambígua é a sua explicação sobre as cores. Divide-as em reais ou verdadeiras, que seriam qualidades acidentais distintas da luz e de todos os outros acidentes (concepção peripatética), e em cores aparentes que seriam indistintas da própria luz. Ao falar das cores aparentes estaria a referir-se às cores resultantes da dispersão cromática da luz branca. Afirma ainda que as cores, reais ou aparentes, não se distinguem da luz que sofreu alguma forma de modificação (concepção moderna). Ao reafirmar que “a cor não é nenhuma qualidade real e distinta da própria constituição ou da luz dele reflectida” Sebastião Abreu, professor na Universidade de Évora, expressa em *Conclusiones ex universa philosophia* (1754), que as propriedades da luz – reflexão, refacção, etc. – provam evidentemente que ele é um corpo.”<sup>49</sup>

Neste período salientamos, também, os interessantes trabalhos de Bartolomeu Lourenço de Gusmão. Homem dotado de grande genialidade, é mais conhecido na História de Portugal pelos seus trabalhos no campo da Aerostática. Em Agosto de 1709, no Castelo de S. Jorge perante a corte portuguesa, realizou três experiências com pequenos balões, por ele construídos. No dia 3, o protótipo pegou fogo antes de subir. No dia 5 elevou-se a 4 metros, após o que, os guardas reais com a ajuda de varapaus, o derrubaram com medo que pegasse fogo aos cortinados da sala de embaixadas, local da exibição. No dia 8, no pátio da Casa da Índia o balão subiu a grande altura e desceu suavemente. As demonstrações continuariam em Outubro de 1709, também no pátio da Casa da Índia, igualmente com grande êxito, já que o aeróstato subiu a grande altura e desceu lentamente minutos depois. As expectativas do público foram, no entanto, frustradas<sup>50</sup> pois Gusmão tinha difundido desenhos de um grande dispositivo capaz de transportar pessoas, a famosa passarola, que nunca foi vista, a que se juntaram, depois, os incêndios dos próprios dispositivos.

### 3.3.2. As Academias e Sociedades Científicas

Os séculos XVII e XVIII, são tempos de sociabilidade. No século XVII, nos salões franceses, as discussões dirigiam-se para a religião, literatura e gramática, enquanto no século XVIII, vamos assistir a novos temas como a política, a moral e a

<sup>48</sup> Ibid.: 525

<sup>49</sup> Ibid.: 526

<sup>50</sup> Visoni, 2006: 32

### **3.3.3 Contactos entre nacionais e portugueses no estrangeiro e entre nacionais e estrangeiros residentes em Portugal**

Para compreendermos melhor os contactos entre residentes e portugueses no estrangeiro, é importante caracterizar o conceito de estrangeirado, conceito que se tem alterado ao longo da historiografia portuguesa, em função dos autores que o têm utilizado. Se na acepção setecentista estrangeirado estava associado a um adjectivo que classificava comportamentos políticos e culturais de origem estrangeira já, no século XX, António Sérgio redefine-o, associando o termo aos intelectuais que nos séculos XIX e XX lutaram contra o isolamento português, procurando no estrangeiro o que não existia em Portugal. Borges de Macedo critica fortemente o conceito, considerando-o, entre outros factores, inadequado à análise histórica da sociedade portuguesa, devido à heterogeneidade dos estrangeirados. Recentemente esse conceito é alargado, não se refere a indivíduos, mas sim a uma rede de contactos entre esses indivíduos que estavam no país e no estrangeiro,

“ Adoptamos uma leitura diferente do conceito de estrangeirado: usando a noção de rede, pretendemos traçar as ligações existentes entre um conjunto de indivíduos relacionados entre si e que, mesmo informalmente, partilham um tema comum, o da afirmação de um novo conceito de progresso e de modernidade, baseado numa racionalidade científico-tecnológica (...). O estrangeirado não é apenas um indivíduo mas, fundamentalmente, um segmento da malha de canais de difusão que se propõe integrar Portugal num novo corpo cognitivo e epistemológico. Neste contexto, relaciona-se com outros indivíduos com objectivos idênticos, em Portugal e no estrangeiro, tecendo uma teia de relacionamentos que pode ser interpretada como uma rede fluida e informal.”<sup>52</sup>

O diagrama seguinte mostra precisamente a rede de contactos, no tempo de D. João V e de D. José I, em que surgem várias personalidades já mencionadas, a par de Jacob de Castro Sarmiento.

---

<sup>52</sup> Diogo, 2001: 210



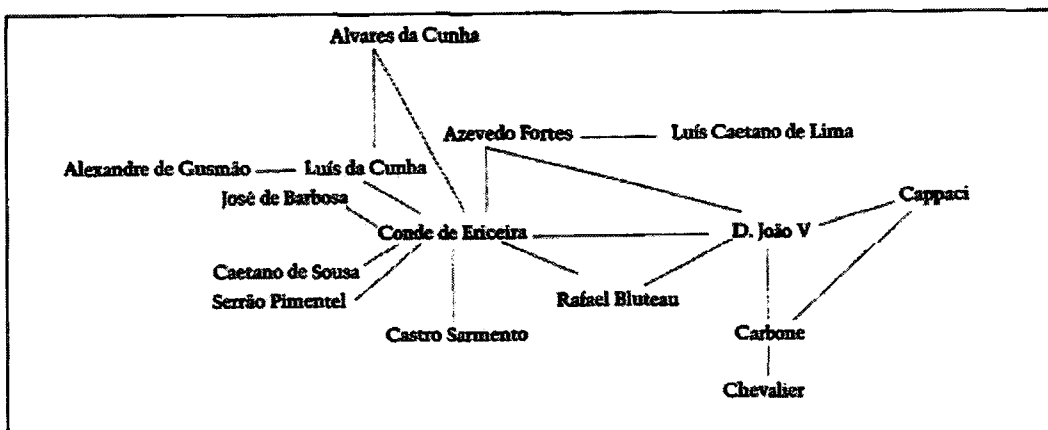


Fig. 3.4 - Redes de contactos entre portugueses residentes e estrangeirados, no reinado de D.João V.

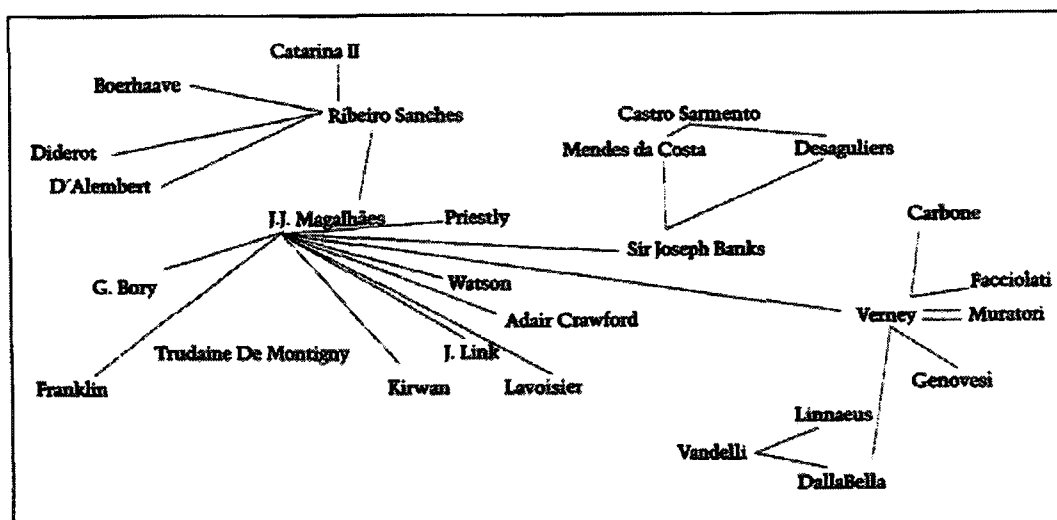


Fig.3.5 - Redes de contactos entre portugueses e estrangeiros, no reinado de D.José I.

Estas são as redes envolvidas na modernização do país e, em particular, na introdução do newtonianismo em Portugal. Além de Jacob de Castro Sarmento e Isaac de Sequeira Samuda, analisados noutra parte deste trabalho, saliente-se a adesão ao Newtonianismo de outros ilustres estrangeirados. É o caso de Ribeiro Sanches, que com uma trajectória de vida algo idêntica à de Sarmento, também apelou ao desenvolvimento cultural do país, empenhando-se em reformar os saberes filosóficos e científicos na pátria<sup>53</sup>. Foi na Universidade de Leiden, entre 1730 e 1731, que Ribeiro

<sup>53</sup> Mendes, 1998: 119

Sanches adquiriu os cânones metodológicos de Newton e assimilou os métodos de observação e experimentação, que expressa em carta de 1760,

“ Newton, o grande Isaac Newton foi o único Arquitecto da Física Geral, e experimental, como o foi de Medicina o Príncipe dela o socorro da Humanidade, Herman Boerhaave. Estavam nos livros gregos e latinos e nos do nosso tempo milhares de observações de Física; o mesmo Isaac Newton tinha feito muitas, e combinando-as no que concordavam, e separando-as no que discordavam, compôs aquele imortal livro Principia, demonstrado pelas mais sublimes Matemáticas: Do mesmo modo compôs Boerhaave as suas obras, com a diferença que não demonstrou os princípios que estabeleceu pelas Matemáticas, mas por factos e experiências.”<sup>54</sup>

E numa outra carta expressa o resultado da sua experiência,

“ (...) em dois anos que estive em Leide, já de 30 anos, aprendi mais com dois professores, Boerhaave e Albinus, do que aprendi depois de 20 anos [ de estudos em Portugal e Salamanca]; eles não só ensinam medicina mas também aquele método de saber pensar, e discorrer, e escrever Latim.”<sup>55</sup>

Sachetti Barbosa nas suas *Considerações Médicas*, já de 1758, apresenta-se também como entusiasta e apologista da filosofia newtoniana e das teorias médicas de Hermann Boerhaave, servindo, de alguma forma, de intermediário entre vários homens de ciência emigrados e as autoridades portuguesas, nomeadamente no momento da reforma pombalina da Universidade de Coimbra. Nas obra refere existir,

“ (...) ultimamente a vantagem e o artifício do sistema natural do ilustre Boerhaave, sobre que devemos fundar e introduzir a verdadeira Medicina, estabelecido pelo método de filosofar do incomparável Newton, que consiste em acomodar a razão aos experimentos e descobrir as leis da Natureza, depois de um suficiente número de feitos constantes, crítica e logicamente observados.”<sup>56</sup>

Ele foi o principal teórico da Academia Médica-Portopolitana, cabendo-lhe recitar a *Oração Académica Inaugural*, em 1749, com 29 reflexões sobre a divisão do trabalho e o método de descrever e indagar as matérias de estudo da Academia. Aos académicos devia ser distribuído um tema de estudo, de acordo com regras minuciosas e todos deviam fazer “profissão da Filosofia Newtoniana, precedendo para isso, se puder ser, o estudo de Geometria, Aritmética, Álgebra, Fluxões, Trigonometria, Secções cónicas, etc”.

---

<sup>54</sup> Carta a Joaquim Pedro de Abreu, de 26 de Março de 1760. in Mendes, 1998: 119

<sup>55</sup> Carta ao Dr. Manuel Pacheco de Sampaio Valadares, da Vila de Benavente, in Mendes 1998: 118

<sup>56</sup> Machado, 1759: 185-86.

Outros estrangeirados importantes foram António Galvão de Castro Branco, José Freire Monterroio e Martinho de Mendonça de Pina e Proença. Este foi outra personalidade, ainda que não newtoniana aberta às novas ideias. O pedagogo que escreveu *Apontamentos para a educação de um menino nobre*, foi um homem viajado pela Europa dos modernos e nessas viagens tomou contacto com algumas personalidades das ciências, como s'Gravesande,

“ Tive ocasião de conversar em Saxónia com Wólfio, e em Holanda com o S'Gravesande, cujas conferências me deram alguma luz dos engenhosos sistemas e princípios de Leibnitio e Newton, sem que tivesse ocasião de me instruir nos princípios de Stahl, (...)”<sup>57</sup>

Contactos que à partida poderiam, prever uma adesão ao newtonianismo, não se traduziram em concreto neste homem, que foi censor da Academia Portuguesa de História. Algumas dúvidas apresenta-as logo na mesma carta, quando aborda o Mecanicismo,

“ A aplicação aos estudos matemáticos e a lição dos melhores mecânicos, Catato, Borello, Walles, Huygens, Wren, Newton e Leibnitio, de que V. M. trata sucintamente no seu primeiro livro prolegómeno, me encaminharam a conhecer em parte os estupendos efeitos da figura, sito e movimento e me capacitariam na opinião de que poderiam bastar as leis do Mecanismo para explicar os mais efeitos da Natureza, se alguns, como a constante obliquidade da eclíptica, o sístole do coração e gravidade e atracção dos corpos não fossem contrários aos sintomas do movimento, que se não pode explicar por este caminho. Porém esperava que o tempo adiantasse tanto esta teoria que ficasse mais clara por tempos a sua explicação. Como sucedeu na causa física do regular e irregular movimento dos astros, que antes do exacto conhecimento das forças centrais, era um labirinto tão intrincado que muitos Filósofos recorreram a inteligências que lhe dirigissem o curso, cuja causa física hoje nos é evidente e palpável na teoria da projecção, gravitação, mútuas forças centrífugas e centrípetas.”<sup>58</sup>

Com efeito, mais tarde, nos seus *Apontamentos*, vamos encontrá-lo partidário dos modernos, não os venerando, e contrário à adopção incondicional de qualquer sistema da natureza. Em relação ao sistema newtoniano considerava que se baseava numa “inducção imperfeita na atracção dos corpos, que he como as qualidades occultas, encobre com novos termos as cousas, que não percebe, e as razoens físicas dos movimentos celestes, em que a todos excede”.

---

<sup>57</sup> Carta de Martinho de Mendonça de Pina e de Proença, inserta na obra *Historiologia Médica*, de José Rodrigues de Abreu, 1733-1752. in Andrade, 1982: 250

<sup>58</sup> *Ibid.*: 251

### 3.3.4 Edição de Obras

A *Theorica* é referida esmagadoramente, pela maioria dos autores, como a principal obra de divulgação do newtonianismo, em Portugal, na primeira metade do século XVIII. Existiram, no entanto, outras obras que contribuíram para esse processo. A *Philosophia Aristotelica Restituta*, publicada em 1748 pelo padre oratoriano João Baptista, que terá sido “o primeiro que em Portugal ensinou a filosofia moderna”<sup>59</sup> e que também realizou sessões experimentais para a corte<sup>60</sup>, escreveu uma obra que pretende aliar a física antiga e moderna, argumentando que os textos de Aristóteles teriam sido deturpados com o tempo, o que levaria a que a física moderna fosse compatibilizada com a antiga. Alguns autores consideram, no entanto, o padre João Baptista como um não newtoniano, sendo a sua tendência mais cartesiana<sup>61</sup>. A seguinte citação mostra a sua adesão às ideias de Newton,

“ Quanto mais liberta de hipóteses e mais ancorada na experiência e na razão, tanto melhor a doutrina poderá ganhar o assentimento dos espíritos”<sup>62</sup>

Ainda no período considerado, Luiz António Verney publica, em 1746, o *Verdadeiro Methodo de Estudar*, obra polémica em que o autor critica fortemente todo o sistema de ensino português, apresentando propostas de reforma. Com esse objectivo as ideias de Newton são recordadas e na página 39, do terceiro volume, refere,

“(…) a principal parte da Filosofia... é a física[...], o conhecimento da natureza de todas as coisas, o que se alcança por meio das suas propriedades e de redução aos próprios princípios”<sup>63</sup>

E na mesma página aborda a importância da explicação científica,

“(…) saber qual é a verdadeira causa que faz subir a água na seringa é filosofia; conhecer a verdadeira causa porque a pólvora acesa em uma mina despedaça um grande penhasco é filosofia.”<sup>64</sup>

Verney, para Rómulo de Carvalho, é um newtoniano no sentido metodológico, ainda que não possuísse os conhecimentos necessários para uma correcta abordagem do filósofo inglês. Para Verney, moderno era não ter sistema, assunto que aborda no mesmo volume, em que apresenta os princípios em que se deveria reger uma cadeira de Física,

---

<sup>59</sup> Luiz, D. Francisco de S. 1883: 292 – Nota 29

<sup>60</sup> Dias, 2007: 199

<sup>61</sup> Carvalho, 1997-B: 280

<sup>62</sup> in Pereira 2004: 43

<sup>63</sup> Verney, 1950: 39

<sup>64</sup> Ibid.: 39

“ Primeiro a esfera; depois os tempos; logo diferentes sistemas, [...]. Visto eles todos, deve determinar qual deles se deve abraçar, examinando fundamentalmente as razões de Newton, de Descartes, de Leibnitz. Depois trata-se das Estrelas fixas, das errantes e dos cometas. Segue-se o globo terrestre [...] Depois o fluxo e refluxo do mar, segundo as opiniões de Galileu, Walis, Descartes e Newton, determinando qual o mais provável”<sup>65</sup>

Queremos também anotar uma importante obra, no final da primeira metade de setecentos, que é a *Lógica Racional, Geométrica e Analítica*, de Manoel de Azevedo Fortes. Não sendo uma obra importante na difusão do newtonianismo cabe, no entanto, destacar as referências à obra de Newton, nomeadamente à óptica, sem no entanto entrar em aspectos descritivos,

“ (...) se devem ler attentamente as obras de alguns Filósofos Inglezes modernos, entre os quaes, Newton he o mais celebrado; e só se podem ler sem escrúpulo as suas obras Fisico-mathematicas, principalmente da luz, e das cores; porque as suas Filosofias são pouco seguras na nossa Santa Fé.”<sup>66</sup>

Tal como Sarmiento, Azevedo Fortes, escreve todas as suas obras em português, o que indicia uma estratégia deste autor, não só para facilitar a divulgação das suas obras, mas para separá-las das obras dos antigos, escritas em latim. Sobre o peso de Newton na sua filosofia, as análises divergem. Se há autores que consideram que Azevedo Fortes, tal como Verney, esteve em consonância com o espírito das Luzes em Portugal — a Física de Locke e Newton<sup>67</sup>- outros pensam que Fortes se manteve fiel ao cartesianismo, pese embora algumas novidades retiradas da física empirista cultivada em Inglaterra<sup>68</sup>. Para Fortes o empirismo inglês era uma corrente, com virtudes explicativas no domínio da Física e Matemática, mas que se integrava no movimento geral de modernidade, sem que gerasse uma segunda modernidade.

Pereira Gomes<sup>69</sup> refere ainda outras obras, classificando-as, em termos de referências, em pouco e muito relevantes. Para as primeiras refere *Cursus Philosophiae*, III, 10,117, de A. Vieira; *Concl. in Physicam*, de D. Verney, Lisboa, 1945, f. 4v, 7; *Peripat. Phylos. Medullam*, Évora, 1746, p. 14, para além da *Lógica* de Azevedo Fortes. Para as mais significativas apresenta para além do Verdadeiro Método de Estudar, de Verney, as obras *Selectas Theses*, de D. Carlos da Anunciação, Lisboa, 1748, 35-51;

---

<sup>65</sup> Ibid.: 236

<sup>66</sup> Fortes, M.; “*Logica Racional, Geométrica e Analítica*”, in Carvalho, 1997: 149

<sup>67</sup> Calafate, 2000: 149

<sup>68</sup> Bernardo, 2005: 143

<sup>69</sup> na entrada *Newton em Portugal*, da Enciclopédia Logos, 1989: 1149

*Collegium Abreviatum*, de A. de Oliveira Campos (pseudónimo de Fr. António da Anunciação), Lisboa, 1750, V, pg. 87-92.

Quanto à aceitação destas obras seguimos o trabalho de Pinto<sup>70</sup>, que fez um levantamento a partir dos registos da Real Mesa Censória, instituição criada no período do governo pombalino, em 5 de Abril de 1768, que passou a controlar a produção literária em Portugal. Perante a ineficácia do controlo de obras vindas do estrangeiro criou-se legislação na qual se ordenava o envio à Real Mesa Censória das listas de livros existentes nas bibliotecas de particulares ou de comunidades de particulares. Ainda que o número de listas disponibilizadas para o trabalho ascenda a 3400, os números obtidos apresentam, no entanto, uma certa relatividade, como resultado de a nobreza, membros do governo e algum clero estarem dispensados de apresentarem listas. Se a este factor adicionarmos a baixa literacia das classes mais desfavorecidas, podemos cingir este levantamento a uma parte do clero e da burguesia. A análise quantitativa mostra que a *Philosophia Aristotelica Restituta*, do padre João Baptista, surge em 10 listas, o *Verdadeiro Methodo de Estudar*, de Verney, em 30 listas, não obstante a proibição inquisitorial, a *Lógica Racional*, de Azevedo Fortes, em 20 listas e a *Theorica Verdadeira das Mares*, de Sarmento, em apenas 5 listas. Esta indicação parece confirmar o que Rómulo de Carvalho já tinha afirmado ao considerar que a obra não tinha tido o impacto pretendido pelo seu autor. Por curiosidade, refira-se que os *Principia*, em latim, surgem em quatro listas, sendo três delas pertencentes a professores universitários. Das duas obras por nós parcialmente analisadas e proibidas pela Inquisição, note-se que os *Elemens de la Philosophie de Newton* surge apenas numa lista, enquanto a obra de Algarotti, não surge em nenhuma.

### **3.3.5 Sessões de Física Experimental por demonstradores estrangeiros e portugueses**

Na primeira metade do séc. XVIII, surgem as demonstrações de física, realizadas por estrangeiros, em Lisboa, com o apoio de instrumentos adequados. A primeira, que registámos<sup>71</sup>, ocorre em 8 de Fevereiro de 1720 e que segundo anuncia a Gazeta de Lisboa,

“ O Reverendo D. Francisco Floravanti intenta ensinar a lingua Italiana, Cosmografia & Filosofia Experimental, ou moderna, que hoje se pratica na mayor parte da Europa.” (...) “Quem quizer

---

<sup>70</sup> Pinto, 2007: 106-115

<sup>71</sup> Carvalho, 1982: 65

aprender qualquer destas faculdades, que não só são curiosas mas precisas,” (...) “irá á rua da Oliveyra, em casa de Thadeu Luís António.”<sup>72</sup>

Pensa-se que este anúncio se refira a alguém que esteve de passagem por Lisboa, tendo como objectivo recolher alguns elementos de subsistência.

Maior relevância é dada ao ciclo de sessões do inglês Luís Baden, cujo folheto de anuncio, terá sido inserido na Gazeta de Lisboa, de 18 de Outubro de 1725, com o título,

Notícia da Academia ou Curso de Filosofia Experimental novamente instituída nesta Corte para instrução e utilidade dos curiosos e amantes das Artes e Ciências, por Luís Baden, natural da Grã – Bretanha

O curso foi pensado para 30 sessões, a partir de 5 de Novembro, estando dividido em “sinco titulos geraes”: Mecânica, Hidrostática, Pneumática, Óptica e Metalurgia. O anúncio apresentava uma ampla lista do “Aparato tecnico-filosofico ou lista de instrumentos”, mas o mais importante eram os objectivos:

“ Este genero de Filosofia, e o uso destes instrumentos, propoem ensinar LUIS BADEN, nesta Corte a todo o genero de pessoa; explicando com huma postilla ampla, e methodica todos os fundamentos, e exeperiencias dos Filósofos modernos, e especialmente dos famosos ROBERTO BOYLE, e ISAAC NEWTON, os mais illustres naturalistas deste ultimo século; allegando nas suas doutrinas as opinioes, e sistemas dos Filósofos e Matemáticos mais insignes, assim antigos como modernos.”<sup>73</sup>

O curso seria adiado devido a atrasos na entrega de instrumentos de demonstração, oriundos de Inglaterra, tendo-se iniciado só no ano seguinte. A adesão parece ter sido fraca segundo comenta José Bóreas de Carvalho:

“Fez as experiências como em tabla de ligeirezas de mãos, foram desprezadas, desapareceu o estrangeiro”<sup>74</sup>

No entanto, Frei Vicente Salgado, no *Catálogo Histórico dos Escritores da Congregação de S. Francisco de Portugal*<sup>75</sup>, admite que a escola de Baden teria influenciado as opções científicas nas escolas franciscanas.

No diário do conde da Ericeira, Francisco Xavier de Menezes, regista-se em 3 de Novembro de 1733, a presença de outro inglês, possuidor de “notaveis instrumentos” dos quais destaca um que permitia levantar 40 arráteis com um cabelo.

---

<sup>72</sup> Ibid.: 65

<sup>73</sup> In Carvalho, J. 1951, in Martins, D. R. 1997: 98

<sup>74</sup> Carvalho, 1982: 93 – Nota 26

<sup>75</sup> *Catálogo Histórico dos Escritores da Congregação de S. Francisco de Portugal*, Lisboa, 1787, pg. 320, in Arriaga, J., 1980: 20

Por último, em 1745 surge um folheto da responsabilidade do *professor operário* Manoel Ângelo Villa, a anunciar a comercialização e fabrico de “Instrumentos, e Artefactos Phisicos, e Mathematicos”, que na realidade, consistia na importação destes, mas que consideramos importante, tendo em atenção o crescente interesse da população pelas demonstrações.



## 4. NEWTON E AS MARÉS

### 4.1. Introdução

As marés são um fenómeno natural de uma evidência tão clara como o nascimento e o por do Sol ou as fases da Lua, de tal modo que a sua observação deverá ter sempre acompanhado a presença do homem junto às zonas costeiras dos continentes, mostrando a sua natureza repetitiva ou «periódica» (o que também acontecia com os outros fenómenos referidos). É este seu carácter periódico que será, primeiro, objecto de observação, depois de explicação e paralelamente de previsão. Assim pretendemos neste capítulo dar uma visão histórica da explicação deste fenómeno.

Inicia-se este percurso histórico pelos testemunhos explicativos da antiguidade e no período medieval.

É nos finais da idade média, a acompanhar os alvares de renascimento, que as viagens marítimas dos portugueses vão ter uma importância decisiva na descoberta de novos mundos. E porque toda a expansão era feita por mar, as marés vão estar sob a mira dos navegantes portugueses dentro das necessidades de conhecer os cais de embarque e desembarque de «mares nunca dantes navegados».

As marés vão ter uma importância grande na confirmação das teorias propostas na revolução científica do séc.XVII. Neste sentido deambularemos por Galileu, Descartes e Newton. Começar-se-á por Galileu, pois a sua obra emblemática, os «Discorsi», têm um propósito claro: mostrar como o sistema copernicano explicaria o fenómeno das marés.

É o sucesso explicativo, dentro de um quadro teórico mais amplo, proposto pela teoria de Newton para este fenómeno, acompanhado pelo sucesso na previsibilidade, que levam Jacob de Castro Sarmiento a expor a teoria newtoniana das marés, sem esquecer o exemplo do trabalho de Halley. Uma exposição que pretende mostrar como a Teoria de Gravitação Universal explica o fenómeno.

### 4.2. As Marés na Antiguidade e na Idade Média

Fenómenos perfeitamente identificáveis nas costas oceânicas, têm no entanto uma expressão fraca nos pequenos e médios lagos e nos mares como o Mediterrâneo. Esta pode ser a razão pela qual os gregos não lhe dispensaram um especial interesse, nomeadamente através de Platão e Aristóteles. No entanto, Homero é o primeiro autor

antigo a falar delas<sup>1</sup>. Quintus Curcius, em *De rebus gestis Alexandre Magni (Dos feitos guerreiros de Alexandre Magno)*, Livro IX, caps. 34-37, relata as dificuldades da armada de Alexandre, ao ser surpreendida na foz do rio Indo, pelo fluxo e refluxo das águas<sup>2</sup>. Séculos mais tarde Posidónio d'Apameia (135-51 a.c.), procurará dar-lhe uma explicação que atribui já ao movimento da Lua. É o primeiro a distinguir os três períodos das marés: diário, mensal e anual.

Hérodoto e Diodoro falavam da elevação e abaixamento das águas no Mar Vermelho. Os Estóicos atribuíam as Marés às inspirações e expirações do amo do mundo. O ciclo lunar não fazia parte das explicações. Um autor grego identificado como “pseudo Aristóteles” refere no seu livro “*Du monde*”, que as marés seguem o movimento da Lua.

Pythéas, navegador marselhês do séc IV a.C., que determinou a latitude de Marselha no solstício de Verão, com a ajuda de um gnómon, em visita ao Atlântico, tem um contacto mais claro com as oscilações do mar e indica que elas são consequência das revoluções da Lua.

Aristóteles (384-322 a.c.) atribui a origem ao esmagamento das águas do fundo pelas da superfície. Estando as águas inferiores comprimidas, elas repelem as águas superiores, as quais rejeitadas voltam a descer, o que origina um movimento cíclico e o consequente fluxo e refluxo do mar. Platão (427-348) imagina que as águas saem e entram de um abismo, agitando assim os mares.

É com o romano Plínio (23-79 d.C.) (*História Natural*, II; 97) que as marés são melhor tratadas de um modo mais completo pois para lá de uma pretensa explicação “*Sur la nature des eaux, enfin, beaucoup a déjà été dit; mais cette avance et le retrait des flots sont le plus extraordinaire; cependant si ce phénomène offre beaucoup de variétés, sa cause reside dans le Soleil et dans la Lune*”<sup>3</sup>, avançando para a causa, “A causa das marés reside na acção do Sol e da Lua; as águas movem-se em obediência a um astro ávido que eleva e lhe atira os mares”<sup>4</sup>, apresenta o resultado das suas observações sobre o ciclo diário,

---

<sup>1</sup> In *Marées*, Les: Documento electrónico

<sup>2</sup> Mariconda, 2001: 847

<sup>3</sup> Pline l'ancien, “*Histoire Naturelle*”, Paris, 1950, in Gillet, 2000: 31

<sup>4</sup> Ibid.

“Entre deux levers de la Lune, la mer monte deux fois et redescend deux fois dans chaque intervalle de 24 heures »<sup>5</sup>, referindo-se ao atraso diário, « Jamais les marées ne se reproduisent au même moment que le jour précédent, comme si elles haletaient par la faute de l’astre avide qui attire à lui les mers pour s’abreuver »<sup>6</sup>.

Estabelece esse atraso diário em duas horas, o que está próximo da realidade. Para Plínio a origem das marés está numa certa simpatia entre o elemento Água e a Lua. Todas estas explicações são essencialmente qualitativas estabelecendo alguma conexão entre o fenómeno das marés e o movimento da Lua. A primeira explicação mecânica surge com Seleuco (c. 150 a.c.), que tal como Aristarco apoiava a mobilidade da Terra. No seu modelo, o Ar e a Lua têm um papel importante, ou seja, o ar ao entrar em movimento, devido à rotação da Terra, perturba as águas originando agitação á qual se adiciona, para criar marés, a Lua no seu movimento em torno da Terra.

Os pensadores da Idade Média, Santo Agostinho (354-430) e São Tomás de Aquino (1225-1224), associam, tal como os autores antigos, o movimento das marés ao movimento da Lua. São Tomás considera que as águas têm a tendência natural para se mover para o centro da Terra, mas a passagem da Lua altera esta tendência e obriga as águas a ir para ela.

### 4.3. As Marés na Época dos Descobrimentos

A época dos descobrimentos é marcada por regras empíricas, com inspiração nos antigos, tendo como objectivo facilitar a navegação, que nos séculos XV e XVI, ia aumentando, *por mares nunca antes navegados*. Nas descobertas portuguesas o destaque vai para três autores que revelaram nas suas obras uma atitude premonitória, da revolução científica dos séculos seguintes: o padre Fernando Oliveira, Duarte Pacheco Pereira e D. João de Castro.

O padre Fernando Oliveira, homem de uma cultura invulgar e grande experiência no mundo das Descobertas, já que era muito viajado em embarcações nacionais e estrangeiras, apresenta na sua obra *Arte da Guerra e do Mar*, algumas considerações importantes dedicadas a uma possível explicação da causa das marés. Dedicando-lhes o capítulo oitavo e de início começa por associar a Lua à situação da maré,

“Os tempos das marcas commūmente concordam co a ũua. do curso da qual dependem, e da influencia delia o encher e vaziar do mar. No mar Oceano que propriamente se chama mar,

---

<sup>5</sup> Ibid.

<sup>6</sup> Ibid.

porque os mediterraneos são como esteyros, ha este mouimento que chamamos maree reuezado ao modo que respiram os corpos viuos. Parece o mar que sorue suas agoas e as torna a lançar, como hum corpo some e lança o folego quando ofega, isto tam a ponto co a Ìua, ~q faz entender que della depende este mouimento.”<sup>7</sup>

Não perdendo no entanto as concepções de Plínio

“A rezam que isto nos faz entender da Ìua he sua natureza ser humifica e laxatiua, de modo que acrescenta os humores nos corpos inferiores. E alem disto ha lambem nella. Como Plinio bem conjeytura, espirito de encher e vazar os ditos corpos segũdo se a elles chega, ou afasta delles. Donde vemos que segundo os tempos da Ìua em muytas cousas crecem ou minguaõ os humores, e carnes, ã especial no mariscos, e cõchas do mar, que hora sam cheas hora vazias conforme ao curso dessa Ìua.”<sup>8</sup>

O padre Fernando Oliveira identifica também o ciclo diurno e a posição da Lua

“Os tempos em que enche e vaza o mar, são estãdo a Ìua nas quartas do ceo, conuem asaber/ no horizonte e meridiano/ as quaes quarta ella em vintaquatro horas toca todas, e as marees nesses tempos fazem quatro mouiëtos enchendo duas vezes e vazando outras duas. Em nacendo a Ìua sobre o horizonte he bayxa mar, e daly vay crecêdo a maree como a Ìua vay sobindo atee o meridiano, onde estando a Ìua he prea mar, e dahy decendo mingoa o mar atee outra vez estar no horizonte da parte do ponente, onde tambem he bayxa mar, e no contrayro do nosso meridiano, de bayxo da terra outra vez prea mar/(...)”<sup>9</sup>

Interessantes são também as suas considerações sobre as possíveis causas,

“(...) de modo que parece que os rayos da Ìua assy como vão sobindo e aftlando sua força nas agoas, as fazem ir inchando e aleuantando como o fogo faz inchar e aleuãtar a agoa na panella quando ferue e o mesmo fazem per reflexam de bayxo estando no oposito do meridiano. Nam soamente desta maneyra que fica dita, faz a lũa crescer as agoas, mas parece que as traz pera si como o azougue traz o ouro, e o parece comer e conuerter em si mesmo, (...)”<sup>10</sup>

Oliveira faz ainda referência à importância da conjunção Sol/Lua.

Na altura dos Descobrimentos era importante a determinação das horas das marés, já que com esta informação a navegabilidade em preia-mar era mais segura, sobretudo em portos desconhecidos, e a eventualidade de conflitos armados permitia um melhor desenlace. A fixação ou estabelecimento da hora de maré para um determinado porto baseava-se na *idade da Lua* e no conhecimento das vazantes e enchimentos para esse porto. A partir desses dados, e sabendo que a Lua se atrasava todo os dias cerca de 48 minutos, arredondados para 45 minutos, para facilitar o

---

<sup>7</sup> Oliveira, F. 1983: 99

<sup>8</sup> Ibid.

<sup>9</sup> Ibid.

<sup>10</sup> Ibid.

trabalho com a rosa dos ventos ou os rumos da bússola, era fácil determinar a hora das marés em cada porto. Se por exemplo, no primeiro dia de luação, a preia mar acontecer às 16 horas, no quarto dia, após este registo, teríamos  $16\text{ h} + 4 \times 45\text{ min} = 19\text{ h}$  para a preia mar nesse dia. Criaram-se então listas para o *estabelecimento do porto*, ou seja as horas das marés para o primeiro dia de cada luação. O primeiro registo desse tipo consiste num manuscrito do século XIII, e refere-se a London Bridge. Na *carta Catalã* de 1375<sup>11</sup>, o *estabelecimento do porto* é realizado com o recurso a diagramas circulares, em que existem sucessivas coroas, cada uma delas referente a um porto. Atravessavam essas coroas linhas que se referiam aos 16 rumos principais. As letras B e P, indicavam as horas a que a baixa mar e a preia mar se observavam no respectivo porto em dia de Lua nova, para um rumo estabelecido. Este processo necessitava sempre da idade da Lua, mas tornava-se mais preciso, pois apresentava as horas locais, que acabavam por expressar os atrasos locais, como resultado da especificidade do oceano, nessa zona geográfica.

O capítulo 11 do *Esmeraldo de Situs Orbis*, obra de inspiração clássica de Duarte Pacheco Pereira, fala-nos sobre a dupla metodologia para determinação das marés: a dos marinheiros e a dos astrólogos,

“ Com muita razão e causa temos fundada ãa parte desta nossa obra na arte da marinharia, segundo é dito e apontado no fim do prólogo deste livro. E, porque dela havemos de aproveitar em tôdalas viagens que, per mar, houvermos de fazer, por tanto convém que o conto do curso da Lua (o qual é necessário per, por ele, sabermos o encher ou vaziar do mar,) hajamos, brevemente, de dizer, por que aqueles que o dito conto pera as marés souberem, ligeiramente as possã aprender e, assi, possam saber a causa por que os marinheiros dizem que são de nordeste e sudoeste, na maior parte desta nossa pátria d’Espanha. E, sabida a ordem delas, por estas se poderá saber, em todo o orbe onde maré houver, se é desta mesma natureza de nordeste e sudoeste, como são as da dita Espanha, ou a deferença que nelas pode haver. Pelo qual, poderemos ter sabido em qualquer lugar onde estivermos (quer seja dentro na terra, longe do mar, quer vindo de dentro do gólfão do mar, em busca da terra, pera entrar em algum rio), quanta parte d’água da maré é cheia ou vazia, tomando primeiro fundamento no encher ou vaziar da lua, es guardando bem quantos dias dela são passados, da hora da sua conjunção e nivelúnio, até o dia e hora em que queremos saber a dita maré. E, sabido o que dito é, seguramente entrarão nossas naus nos rios e lugares em que lhe for necessário haver mester quanta parte de maré é cheia ou vazia, posto que a não veja encher nem vaziar. “<sup>12</sup>

---

<sup>11</sup> Ver figura no Anexo C

<sup>12</sup> Pereira, D., 1954: 44

Identificada a associação Sol-Lua, passa para período de lunação ou revolução sinódica deste astro, tempo que separa duas fases idênticas e consecutivas,

“ Item. Primeiramente devemos notar como os astrólogos afirmaram que da hora que a Lua é nova e em conjunção com o Sol (a que o indocto vulgo chama antrelunho), até à hora que torna outra vez à dita conjunção e novilunio, passam 29 dias, 12 horas e 33 minutos; e em cada 24 horas depois da dita conjunção (que é um dia natural), ela se aparta do Sol quatro quintos da hora (...)”<sup>13</sup>

No parágrafo seguinte continua:

“Item. Antre os astrólogos e os marinheiros, há ũa deferença sobre o curso da Lũa: porque os astrólogos dizem que da hora da sua conjunção e novilúnio, em cada dia natural, que é de 24 horas, até a hora em que é cheia e em oposição do Sol, quatro quintos da hora se arreda do mesmo Sol, e passada a hora da sua oposição e plenilúnio outros quatro quintos se vai ao Sol achegando, até ser outra vez com ele em conjunção, (...)”

“(...) e os marinheiro.s dizem que, neste curso da Lũa, se não arreda ou achega ao Sol, em cada dia natural, mais de três quartos de hora, que releva uma quarta pela agulha de marear. Assim que entre eles ha um vintavo de hora [3 min] de deferença. E posto que os astrólogos nisto tenham a verdade e os marinheiros não, por este conto ser tam pouco que não releva senão três minutos e não faz deficultdade nem erro sensível às marés de que esperamos tratar, portanto seguiremos a oupinião dos marinheiros, porque as marés mais ligeiramente se tiram pelo conto da agulha de marear que por outra guisa, segundo os ditos marinheiros d’antiguidade seguem e praticam (...)”<sup>14</sup>

Do texto anterior verifica-se que o atraso identificado pelos astrólogos é mais preciso (48 minutos) que o dos marinheiros (45 minutos), no entanto estes mantêm-no para facilitar os cálculos.

D. João de Castro pouco acrescentou em termos de teoria das marés. Na sua obra *Tratado da Esfera*, que consiste num diálogo entre um mestre (M) e um discípulo(D), ele repete as teorias astrológicas anteriores.

“ D. — Pois tem se ia achado a uerdadeira causa deste marauilhoso mouimento?

M. — Sim, a causa deste estranho abalo que faz o mar e a lua, com huma uirtude secreta e influencia natural que tem sobre o mar. Começouse a entender este segredo da natureza depois que o mar oceano se começou a nauegar; por que, segundo coilegimos de Caesar, quando de França passou a Inglaterra, ia então se começaua a notar a correspondência da lua com as mares; mas agora nestes nosso tempos, com o mar oceano seja tão frequentemente nauegado, tem se descoberto tanta concordia dos mares com as luas, e tanta correspondencia entre si, que parece claro o que he, que a lua leua consigo os mares, e assi como vay andando vay

---

<sup>13</sup> Ibid.

<sup>14</sup> Ibid.

aleuando o mar oceano, assi como a pedra de ceuar aleuanta o ferro; e he cousa muito para considerar, ver como todos os mouimentos dos mares respondem aos das luas”.<sup>15</sup>

Em que *o lume da lua* se apresenta como causa, sendo o Sol também importante.

Mas o que importa registrar deste autor é a importante minúcia de D. João nas suas observações, que segundo alguns autores<sup>16</sup> seria um bom indicador do início da revolução científica, iniciada por Copérnico. No seu *Roteiro do Mar Roxo* refere,

“A xv de Março de .1541. me fui a terra, e observando a ordem dos fluxos, e refluxos do mar, achei: que depois Dalua ser fora do Horizonte duas horas, era a preya mar; e dahi começaua avazar atee duas horas depois de meo dia, onde era baixa mar: e logo começaua a encher ate a lua se pôr, e passaram duas horas. Hora mrdindo a quantidade, que esprayaua a maree, achei .22. couados [ 1 couado = 66 cm].”<sup>17</sup>

No *Roteiro de Goa a Diu* apresenta as amplitudes da maré registadas no porto de Diu,

“5 palmos/ 8 palmos / 8 palmos/ 8½ palmos/ 5 palmos/ 7 palmos/ 10 palmos/11½ palmos”.<sup>18</sup>

Outros autores, além fronteiras, revelam também a mesma preocupação dos navegantes portugueses. As obras estrangeiras consistem essencialmente em compilações em que se descrevem as marés nas costas oceânicas da Europa, África, América e Índia. São exemplos disto as compilações de Pietro da Medina, *L'arte del navegar, Veneza 1544* e Lucas Waghenaer, *Speculum nauticum*, Leiden, 1586<sup>19</sup>. As preocupações incidem essencialmente nas descrições associadas aos três ciclos: diário, mensal e anual, mas o mais importante: a explicação da causa do fenómeno não acompanha o acumular de dados, daí que essas teorias, essencialmente qualitativas, não tivessem alcance prático para os navegantes. Cabe, no entanto, realçar dois aspectos importantes: por um lado os registos, de D. João de Castro, que antecederam em mais de dois séculos os registos inscritos no *Great Britain's Coasting Pilot* de Greenville Collins (1763)<sup>20</sup>, e por outro a

---

<sup>15</sup> Castro, D. João de, 1981: 72

<sup>16</sup> por exemplo, Luís de Albuquerque, em *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, pag. 82 e 110-122; Luís Filipe Barreto, em *Experiência e Experiencialismo no Renascimento Português*, Logos, Vol. II, pág. 414-415; Reyer Hoyakas em *The Portuguese Discoveries and the Rise of Modern Science*, pág. 594-595. Nesta última referência Hoyakas refere D. Joao de Castro investigou a influência dos instrumentos de ferro sobre o seu barco e sobre a indicação da bússola. Ele afirmou que até Aristóteles não pode encontrar a causa, das marés, mas que deve ser a lua, que atrai a água "com uma virtude secreta" como o magneto atrai o ferro.; Onésimo Teotónio Almeida, em *Nota de Apresentação da obra A Revolução Científica, de Steven Shapin*, pags. X-XII.

<sup>17</sup> Castro, D. João de, *Roteiro do Mar Roxo*. In Ribeiro, A. da S., 1999: 92

<sup>18</sup> Ibid.: 93

<sup>19</sup> Mariconda, 2001: 849

<sup>20</sup> Ribeiro, 1999: 93

assimilação da existência de um oceano global, com a conseqüente interpretação de que o fenómeno das marés seria também um fenómeno global.

#### 4.4. As Marés e os *Discursos* de Galileu

Em carta datada de 8 de Janeiro de 1616, enviada ao Cardeal Orsino, Galileu critica as teorias anteriores, nomeadamente a do jesuíta Marcantonio de Dominis, que supunha que a Lua atraía a água dos mares. Galileu inicia então a apresentação da sua teoria através de uma comparação com um balde de água que ao ser agitado para um lado e para outro, não mantém a água nivelada, o mesmo acontecendo com um barco cheio de água a navegar, em que quando é acelerado a água fica para trás e quando é travado a água vai subir na proa.

O grande objectivo do modelo galileano é a justificação do movimento de translação e rotação da Terra, e em consequência as ideias de Copérnico. Segundo Galileu, se a Terra estivesse parada de, acordo com Ptolomeu, então as marés não seriam possíveis.

A teoria assenta então em três grandes pilares:

- os relatos, que Galileu possuía, vindos dos navegantes (*istorie*); Com efeito, o último século tinha sido fértil em grandes viagens, atravessando-se vários oceanos e que tal como os do nosso D. João de Castro, havia registos sobre o comportamento das águas nos vários oceanos e respectivos portos, pois a navegabilidade neles dependia das marés; Compilações como as de Pietro de Medina e Lucas Waghenaer são referidas<sup>21</sup> como boas compilações que alimentem uma teoria de marés;

- Galileu refuta qualquer teoria de cariz astrológico, como habitualmente era apresentado, atribuindo-se à Lua capacidades ocultas. Como tal a presença da Lua na sua Teoria é desprezada. Quase no final dos Diálogos critica Kepler, admirando-se que este,

“ (...) que é de engenho livre e agudo, e que tinha em mãos os movimentos atribuídos à Terra, dado ouvidos e assentimento ao predomínio da Lua sobre a água, a propriedades ocultas e a semelhantes infantilidades. ”<sup>22</sup>

- Uma explicação puramente cinemática, baseando-se em movimentos relativos, na qual o conceito de gravidade é importante apenas, para justificar, a adesão da água aos oceanos<sup>23</sup>.

---

<sup>21</sup> Mariconda, 2001: 849

<sup>22</sup> Galileu, 2001: 544



Para o período diário, consideremos o esquema representado na fig. 4.1.

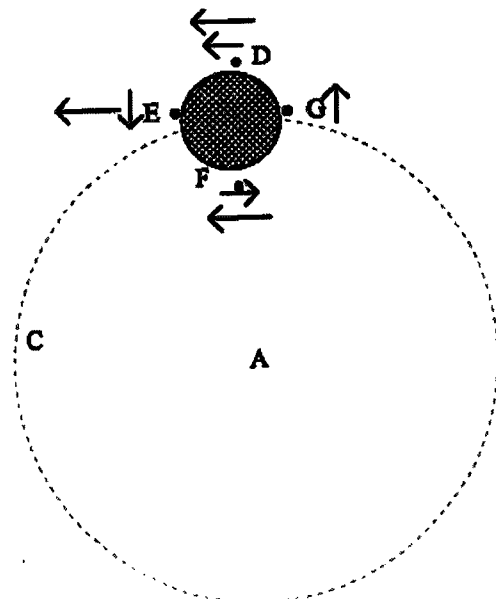


Fig 4.1 - Diagrama de velocidades no modelo de Galileu<sup>24</sup>.

No ponto D as duas velocidades tangenciais, oriundas do movimento de Translação e Rotação da Terra adicionam-se, pelo que a velocidade resultante é a maior, nos quatro pontos da superfície terrestre. No ponto F, as velocidades subtraem-se, logo, entre os quatro pontos, é a menor velocidade resultante. Em E e G, o módulo da resultante estará entre o dos pontos F e D e com direcção não tangencial à superfície Terrestre.

Nessas circunstâncias temos que um determinado ponto da superfície terrestre, ao longo do dia, sofre acelerações e retardações,

“ Concluamos, portanto, que, assim como é verdade que o movimento de todo o globo terrestre e de cada uma de suas partes seria igual e uniforme, se elas se movessem com um único movimento, ou só anual ou só diurno, assim também é necessário que, misturando-se esses dois movimentos, resultem para as partes desse globo movimentos disformes, ora acelerados, ora retardados, segundo a rotação diurna aumente ou diminua a circulação anual.”<sup>25</sup>

---

<sup>23</sup> A gravidade em Galileu apresentava-se sob duas perspectivas, por um lado uma perspectiva qualitativa, moderna, em que os corpos não eram espelidos para fora da Terra, como consequência do seu movimento de rotação, devido à existência de gravidade, por outro uma perspectiva quantitativa, em que qualquer *valor da gravidade* era suficiente para reter esses corpos na superfície.

<sup>24</sup> In Martins, R., 1994: 207

<sup>25</sup> Galileu, 2001: 510

Com isto Galileu justifica os movimentos da Terra, mas a teoria apresenta, para já, dois problemas: por um lado não está de acordo com o observado já que a teoria só dá uma preia-mar diária enquanto se verificam duas, e, por outro lado, a teoria viola o próprio princípio da relatividade referido nos *Diálogos*<sup>26</sup>. Nesse princípio alega que não se podem perceber efeitos do movimento de um sistema (para um MRU) através de experiências feitas no próprio sistema. Nestas circunstâncias o fenómeno das marés, devido à rotação da Terra, não deveria ser perceptível na própria Terra.

Para o período mensal socorre-se da correspondência entre o tempo de revolução de um planeta e o tamanho da sua orbita, apresentado na segunda jornada dos *Diálogos*.

“ (...) um mesmo móvel, que é girado por uma mesma virtude motriz, efetue seu percurso por um círculo maior num tempo mais longo que por um círculo menor; (...)”<sup>27</sup>

Princípio já utilizado por Galileu, quer na ordenação dos planetas do sistema solar, na Terceira jornada, quer na observação dos planetas Mediceus (luas de Júpiter). Para além deste princípio, Galileu socorre-se, ainda, de duas analogias para explicar o movimento Terra-Lua em redor do Sol. Ele utilizou o mecanismo de regulação dos relógios de engrenagens e os movimentos pendulares.

“ Nos relógios de rodas, e particularmente nos grandes, para regular o tempo, os seus artífices instalam uma certa haste que gira horizontalmente e às suas extremidades adaptam dois pesos de chumbo; e, quando o tempo seja muito lento, basta aproximar um pouco os mencionados pesos ao centro da haste, tornando as suas vibrações mais frequentes; e, ao contrário, para retardá-lo, basta afastar os mesmos pesos em direcção às extremidades, porque desse modo as vibrações se fazem mais lentas e, conseqüentemente, alongam-se os intervalos das horas. Aqui a virtude motriz é a mesma, ou seja, o contrapeso, os móveis são os mesmos pesos de chumbo, e suas vibrações são mais frequentes, quando estão mais perto do centro, ou seja, quando se movem por círculos menores”<sup>28</sup>

Na analogia dos pêndulos relaciona o peso neles com o comprimento da corda que os suspende - para um mesmo peso quanto menor o comprimento da corda de suspensão, menor o tempo de oscilação.

Para a explicação do período mensal, sabendo que a Terra mantém a sua distância constante em relação ao Sol, o mesmo não acontece com a Lua, originando que o centro do sistema Terra-Lua varie continuamente, o que provoca acelerações na Lua Nova e retardações na Lua Cheia (maior distância). A explicação continua a ser puramente

---

<sup>26</sup> Martins, R.A., 1994: 208

<sup>27</sup> Galileu, 2001: 532

<sup>28</sup> Ibid.

cinemática, mas mais uma vez Galileu não tem sucesso com a confirmação empírica. Na realidade não há grande diferença entre as marés nas sizíguas (novilúnio e plenilúnio). As analogias são, no entanto, interessantes, sobretudo pela utilização de mecanismos para explicar um fenómeno natural.

Galileu explica também o período anual recorrendo á inclinação do eixo terrestre em relação ao plano da eclíptica, o que leva a uma variação da velocidade na superfície terrestre. Assim para ele as marés serão maiores nos solstícios, altura em que os planos têm o menor ângulo, originando as maiores acelerações e retardamentos, sendo menores nos equinócios, com a inclinação máxima de um plano em relação ao outro. Mas mais uma vez a realidade contraria-o.

Francis Bacon foi um dos maiores críticos do modelo Galileano. Apresentando a sua teoria inicialmente em *De fluxu e refluxu maris*, em 1611, a sua concepção sobre as marés, essencialmente mecanicista, acaba por apelar ao geocentrismo,

“ (...) se se descobrisse no Oceano um movimento de Oriente para Ocidente, por mais ténue que fosse, se se achasse no ar o mesmo movimento, um tanto mais animado, sobretudo entre os Trópicos onde é mais perceptível, dado que os círculos são maiores; se se descobrisse esse mesmo movimento nos cometas inferiores, desta feita vivo e extremamente vigoroso; se o pudéssemos localizar ainda nos planetas, mas com intensidade gradualmente aumentando, de tal forma que se apresentasse mais lento quando o planeta está mais próximo da Terra, mais rápido quando mais afastado e, finalmente extremamente rápido quando na esfera das estrelas; então, sem qualquer margem para dúvidas, seria necessário concluir que o movimento diurno é real nos Céus e seria necessário negar o movimento da Terra, dado que se tornaria manifesto que o movimento de Oriente para Ocidente é claramente cósmico e baseado numa concordância universal; movimento, extremamente rápido nas partes superiores do Céu, enfraquece gradualmente e, finalmente, de extingue e cessa no imóvel, quer dizer, na Terra.”<sup>29</sup>

No aforismo 46 do segundo livro do *Novum Organum*, ele apresenta a sua crítica a Galileu,

“ Foi ainda baseado na desigualdade da velocidade dos movimentos, que Galileu extraiu a causa do fluxo e do refluxo do mar, pois deslocando-se a Terra mais rapidamente e a água mais lentamente, as águas acumular-se-iam e elevar-se-iam, e num movimento alternado, retrair-se-iam descendo, como fica demonstrado quando se imprime um movimento rápido a um recipiente cheio de água. Todavia, ele forjou esta explicação partindo de algo que não é pacífico, isto é, o movimento da Terra, e, por outro lado não possuía informação suficiente acerca do movimento do oceano que acontece de seis em seis horas.”<sup>30</sup>

---

<sup>29</sup> Bacon, (s/d): 185

<sup>30</sup> Bacon, (s/d): 218

Laplace, classificaria a teoria de Galileu como engenhosa, mas, como as descobertas posteriores mostraram, contrária às leis do equilíbrio dos fluidos. Wallis<sup>31</sup>, reputado geómetra, em época posterior, retomou e aperfeiçou a teoria de Galileu, numa memória publicada nas *Philosophical Transactions*, em 1666, onde formulou o seguinte juízo:

“ Desde que Galileu e depois dele, Torricelli e outros, têm aplicado os princípios mecânicos para resolver as dificuldades filosóficas, é bem conhecido que a filosofia natural se tornou mais inteligível e que fez muito maior progresso em menos de um século do que antes de muitas idades”<sup>32</sup>

#### 4.5. Os Vórtices Cartesianos

A teoria de Descartes, para as marés, baseia-se na sua concepção do universo não atomista, isto é, o vazio não existe, o que significa que entre os corpos celestes existe sempre matéria. Descartes define-a como “substância extensa em comprimento, largura e profundidade”, ou seja, “sua natureza consiste apenas em que ela é uma substância que tem extensão”. O movimento, em Descartes, deve-se ao contacto entre os corpos e as suas causas assentam nas leis dos choques. Isto significa que os corpos celestes interactuam materialmente através da matéria que os rodeia. Nessas circunstâncias a Lua faz parte e está encerrada no céu material da Terra. Os dois corpos não se movem, o que se move é a matéria do céu que transporta os dois corpos, em movimento circular – é um turbilhão ou vórtice de Descartes.

Com base no acima exposto Descartes concebe um modelo em que a Lua altera o meio próximo da Terra originando, a partir daí, os sucessivos ciclos das marés. Segundo a sua obra *Princípios de Filosofia*<sup>33</sup> o modelo é apresentado apoiado no seguinte diagrama:

---

<sup>31</sup> Romão, 1944: 251

<sup>32</sup> Ibid.: 252

<sup>33</sup> Descartes, 2006: 196

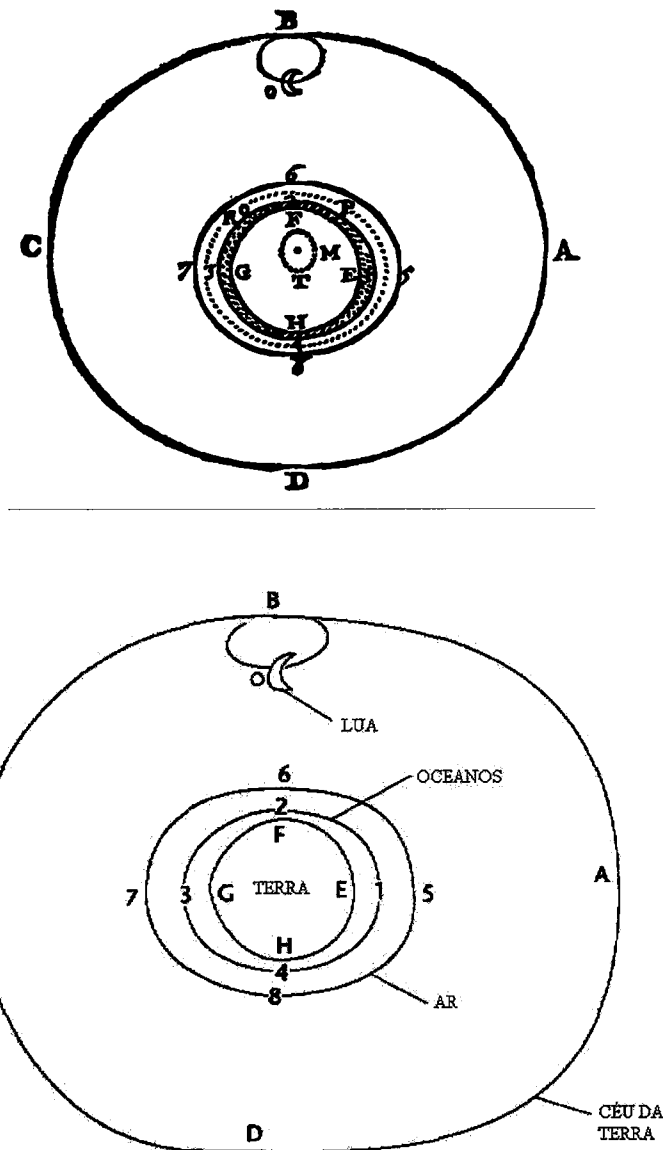


Fig 4.2 - Constituição do Modelo Cartesiano

O céu é delimitado por A, B, C, D, que constitui o vórtice em torno da Terra, E, F, G, H, sobre a qual acentam os oceanos 1, 2, 3, 4, e por cima destes o Ar 5, 6, 7, 8. A Lua é O, que conjuntamente com a Terra, giram em torno do centro M, do vórtice, que é ainda responsável pela translacção em redor do Sol. Por exemplo, quando a Lua está em B, comprime a matéria do vórtice, a qual vai comprimir, por contacto, a água em 2. Nessa compressão a Terra é toda ela comprimida em direcção a D, o que vai ainda originar o esmagamento da água em 4, originando assim marés idênticas em lados opostos. As marés altas serão então em 1 e 3.

O modelo apresenta o problema da maré cheia não estar no meridiano da Lua, situação que Descartes justifica através da rotação da Terra:

“ (...) considerando depois que a Terra gira, entretanto em torno de seu centro (...) aquela parte de seu lado F que está agora em frente da Lua (...) deve encontrar-se em 6 horas em frente do céu marcado por C, onde essa água será mais alta, e em 12 horas em frente do lugar do céu (D), onde a água será mais baixa (...)”<sup>34</sup>

Para o atraso diário da maré num determinado ponto da superfície terrestre, Descartes atribui-lhe 12 minutos, valor muito realista,

“ (...) assim ela ( Lua) faz avançar pouco a pouco para oriente os pontos 1,2,3 e 4 que marcam as marés mais altas e mais baixas, de modo que essas marés não mudam precisamente de seis em seis horas, mas elas retardam-se aproximadamente a quinta parte de uma hora a cada vez (...)”<sup>35</sup>

Para a explicação do período mensal Descartes recorre à forma oval da Terra, no seu modelo, segundo o eixo AC. Nessas circunstâncias em B e D a Lua teria uma maior velocidade, que levaria a marés maiores.

“ (...) a causa de que os fluxos e refluxos do mar sejam bastante maiores, quando ela está em B, onde ela é cheia, em D, onde ela é nova, que quando ela está em A em C, onde ela é meio cheia (quadraturas)”<sup>36</sup>

Para o ciclo anual, continua a basear-se somente na Lua desprezando o efeito do Sol, conforme indica nos *Princípios de Filosofia*:

“É necessário também notar que a Lua está sempre bastante próxima do plano da eclíptica, enquanto a Terra gira sobre seu centro segundo o plano do equador, que lhe é bastante afastado, e que esses dois planos se interceptam nos lugares em que se fazem equinócios, mas que eles são muito afastados um do outro naqueles dos solstícios. Donde se segue que é no começo da Primavera e do Outono, ou seja, no tempo dos equinócios, que a Lua age mais directamente contra a Terra e, assim, torna as marés maiores.”<sup>37</sup>

Para as situações particulares aplicadas a rios e lagos, Descartes apresentaria também nos *Princípios* um maior desenvolvimento comparativamente ao *Le Monde*. Para essa explicação o facto de a Lua estar no horizonte num local que está em maré cheia é fundamental. Assim as águas no meio do oceano são mais inchadas às seis da tarde e de manhã, enquanto as margens o seriam ao meio dia ou à meia noite. Devido a essa situação pode haver escorrência do centro para as margens e vice-versa.

---

<sup>34</sup> In Mariconda, 1999: 859

<sup>35</sup> Ibid.

<sup>36</sup> Ibid.: 860

<sup>37</sup> Ibid.

“(...) segundo essas costas sejam mais próximas ou mais afastadas, e que essas águas passem por caminhos mais ou menos rectos e largos e profundos, elas chegam mais cedo ou mais tarde e em maior ou menor quantidade; e também, que os diferentes desvios desses caminhos, causados pela interposição das ilhas, pelas diferentes profundidades do mar, pelo desaguamento dos rios e pela irregularidade das bordas ou costas fazem frequentemente que as águas que vão para uma borda sejam encontradas por aquelas que vêm de uma outra, o que adianta ou retarda seus cursos de várias maneiras diferentes; e enfim, que ela pode também ser adiantada ou retardada pelos ventos, algum dos quais sopram sempre regradamente em certos lugares, em certos tempos (...)”<sup>38</sup>

A teoria de Descartes é um bom exemplo de teoria mecanicista, que pela sua capacidade de explicação seria superior à de Galileu. O facto de ter sido adoptada em Inglaterra durante vários anos, mesmo após a publicação dos *Principia* é disso exemplo.

#### 4.6. A Teoria Newtoniana

Newton apresenta a sua explicação das marés como resultado do conceito de atracção gravitacional universal apresentado nos *Principia*, como consequência das observações feitas até então no sistema solar, isto é, das Leis de Kepler do movimento planetário. O tema das marés é abordado apenas em algumas páginas dos livros I e III e no suplemento intitulado Sistema do Mundo.

A teoria de Newton considera a Terra esférica e igualmente coberta por água, em toda a sua extensão, com uma camada de água de espessura muito pequena, perante o seu raio. Outro pressuposto utilizado considera que as partículas líquidas não têm coesão, atritos e inércia, obedecendo imediatamente às forças que as solicitam e como tal rapidamente encontram as posições de equilíbrio.

Perante a perturbação de um astro, como a Lua, o volume de água adquire uma forma esferóide, como mostra a figura 4.3. Nesse esferóide de revolução os pontos de maior altura da água, M e N, fazem parte do eixo que une o centro de gravidade da Lua com o da Terra. O movimento de rotação da Terra levará a que os pontos M e N, passem por pontos geográficos diferentes ao longo do dia, originando o fluxo e refluxo do mar em várias latitudes.

---

<sup>38</sup> Ibid.: 861

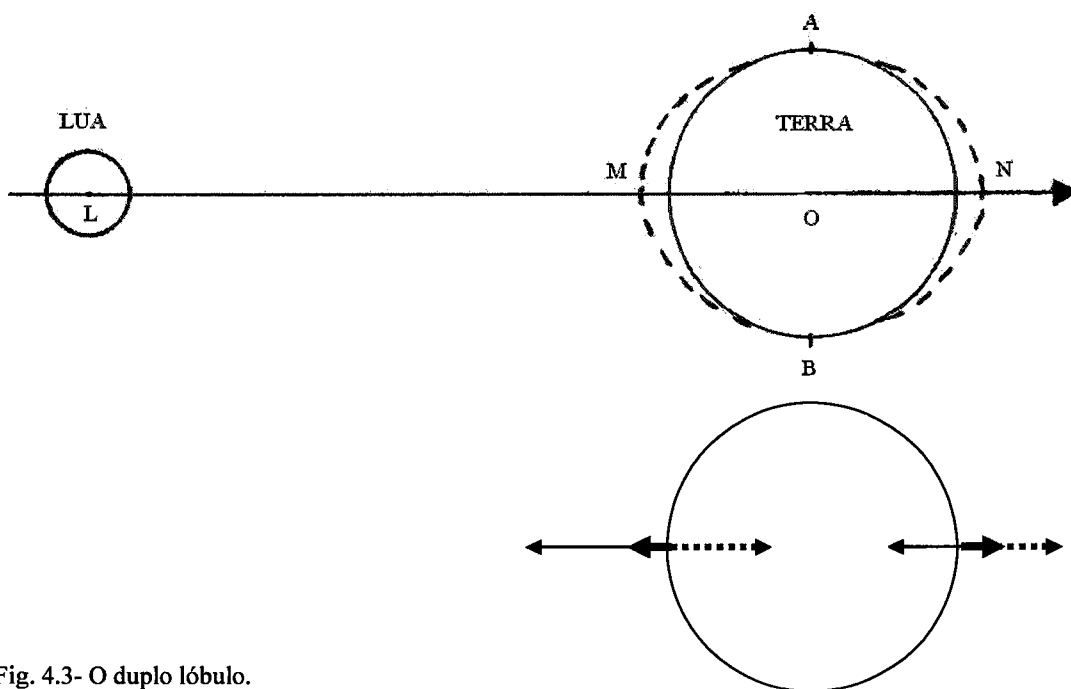


Fig. 4.3- O duplo lóbulo.

Para se compreender esta igualdade das marés nos antípodas, ou o duplo lóbulo, basta recorrermos aos princípios da física Newtoniana. Considere-se o sistema Terra-Lua, em que os dois astros mover-se-ão, rodarão, em torno do seu centro de massa. Assim para qualquer ponto sobre a superfície terrestre, e no seu referencial próprio, ele está sujeito a duas acelerações: uma devida à acção da Lua, outra que resulta do efeito de rotação do referencial em torno do centro de massa do sistema. A primeira aceleração é dada por  $a_P = G \frac{m}{r_P^2}$  em que  $r_P$  é a distância entre o ponto e a Lua,  $m$  é a massa da Lua e  $G$  a constante de gravitação universal. A segunda aceleração é materializada pela interacção entre a Lua e a Terra, e é igual  $a = G \frac{m}{r^2}$ , sendo  $r$  a distância entre os dois astros. Se se pensar agora em dois pontos particulares sobre a superfície terrestre, M e N, aqueles que num determinado instante se encontram, respectivamente, mais perto e mais longe da Lua, obtem-se para as acelerações devido à acção da Lua,  $a_M = G \frac{m}{(r-R)^2}$  e  $a_N = G \frac{m}{(r+R)^2}$ , ambas dirigidas no sentido da Lua. As mesmas grandezas, calculadas agora no referencial próprio (observador situado na Terra) são dadas por:



$$g_M = G \frac{m}{(r-R)^2} - G \frac{m}{r^2} = Gm \frac{2R}{r^3} \quad \text{e} \quad g_N = G \frac{m}{(r+R)^2} - G \frac{m}{r^2} = -Gm \frac{2R}{r^3}, \quad \text{dois vectores}$$

dirigidos em sentidos opostos. Ou seja duas acelerações de igual módulo mas simétricas, responsáveis pelos lóbulos.

Na proposição 66 do livro I, dos Principia<sup>39</sup>, Newton explica, com base na sua teoria gravitacional, como o Sol perturba a orbita da Lua, originando diferentes acelerações na sua orbita. Para compreendermos melhor este fenómeno, de importância para as marés, socorremo-nos de uma representação baseadas nas próprias figuras dos Principia, fig 4.4<sup>40</sup>. De acordo com esta representação, onde todos os pontos são coplanares, as forças sobre P (o satélite) são ilustradas de três maneiras equivalentes nas figuras (a), (b), (c): o vector força em P paralelo a TS é o componente de maré variável, cujo sinal se altera nos quadrantes BC, DB e, quando se considera que P é a Lua, esta força produz a variação solar na órbita. Quando for considerado como um elemento de fluido num canal ao redor da Terra, ele é responsável pela maré.

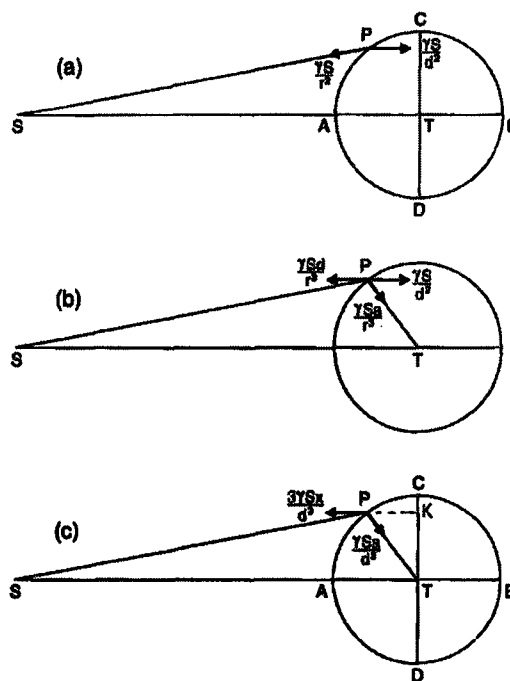


Figura 4.4 - Atracções entre o sol (S), a terra (T), e um satélite P (p. ex. a Lua) orbitando em volta de T no sentido ADBC ( $r = SP$ ,  $d = ST$ ,  $a = PT$ ,  $x = KP$ ).

<sup>39</sup> Edição, em língua espanhola, publicada por Alianza Editorial, Madrid, 1987, com introdução, tradução e notas de Eloy Rada, a partir da 3ª edição dos Principia, de 1726, edição preparada por Alexander Koyré e I. B. Cohen. Tradução nossa, dos textos seleccionados e adiante designados por Newton, 1987

<sup>40</sup> In Cartwright, D., 1999: 36

Recorrendo, sobretudo, à figura c) verificamos, com facilidade, que o movimento circular do satélite é acelerado nos quadrantes CA e DB e retardado nos quadrantes AD e BC, ou seja, a sua passagem nas sizíguas A e B é mais rápida, o mesmo não acontecendo nas quadraturas C e D<sup>41</sup>, como já observado por Tycho Brahe, por volta de 1585. Nos corolários 4 e 5, Newton também deduziu que o satélite é mais “desviado” nas sizíguas do que nas quadraturas.

Na mesma proposição, mas nos corolários 17 a 20, propõe um dos pilares da sua teoria de marés, que consiste na substituição da partícula P por uma partícula de fluido e por contiguidade um anel de fluido de centro T,

“Suponhamos que muitos corpos fluidos se movam em torno do mesmo T, a iguais distâncias e sob as mesmas leis com as que o corpo P gira em torno do corpo T; e que ao considerarem-se contíguos acabam formando um anel fluido, redondo e concêntrico com o corpo T; e cada parte do anel realizando todos os seus movimentos, segundo a lei do corpo P, irá aproximar-se mais ao corpo T e mover-se-á mais rapidamente nas conjunções e oposições da mesma e do corpo S, que nas quadraturas.”<sup>42</sup>

No corolário 19, Newton expande o raio da Terra para conter o de fluido,

“Imaginemos agora que a esfera do corpo T, constituída por matéria não fluida, expande-se e estende-se até alcançar o referido anel, e que há água num fosso escavado ao largo de toda a sua circunferência, enquanto gira uniformemente sobre o seu eixo, com o mesmo movimento periódico. Ao ser este líquido acelerado e retardado alternadamente (como no corolário anterior) será mais veloz nas sizíguas e mais lento nas quadraturas, em relação à superfície da esfera, e assim experimentará fluxo e refluxo dentro do fosso, como o mar.”<sup>43</sup>

Assim os mesmos desvios na órbita aplicam-se a esta analogia para produzir as marés neste canal circular. Um dos aspectos incorrectos da teoria newtoniana das marés deve-se ao facto do autor considerar apenas como situação causadora da subida e descida das águas, num determinado local, a força vertical, perpendicular à superfície do local, o que leva a resultados diferentes para as posições da água Alta e Baixa. É o que aparece explicado na parte final do Corolário 20,

“Pois a água na sua órbita já não se mantém e permanece pela sua força centrífuga, mas sim pelo fosso donde flui. Para além disso a força LM atrai a água para baixo na máxima intensidade nas quadraturas, e a força KL ou NM – LM atrai-a com maior intensidade para cima nas sizíguas. E as duas forças conjuntas deixam de atrair a água para baixo e começam a

---

<sup>41</sup> Entende-se por sizígia a conjunção/oposição do Sol e Lua com a Terra e por quadratura o Sol e a Lua a formarem 90°, com a Terra.

<sup>42</sup> Newton, 1987: 352.

<sup>43</sup> Ibid.: 353.

atrai-la para cima nos octantes anteriores às sizígias; e deixam de atrair a água para cima e começam a atraí-la para baixo, nos octantes posteriores às sizígias. Com isto a altura máxima da água pode ocorrer nos octantes posteriores às sizígias, e a mínima aproximadamente nos octantes seguintes às quadraturas; excepto no caso de que o movimento ascendente ou descendente induzido por ditas forças possa continuar um pouco por causa da força ínsita da água, ou parar um pouco mais cedo por causa dos obstáculos do fosso. “<sup>44</sup>

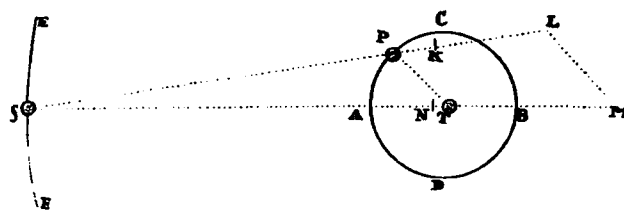


Fig.4.5 - Imagem dos Principia, de apoio ao corolário 20.

À luz de conhecimentos posteriores, esta passagem contém duas noções erradas<sup>45</sup>: por um lado a suposição de que o nível da água é controlado pela componente vertical da força da maré, e por outro lado a incerteza de como e quando a água responde à variação das forças verticais. Para a primeira Euler e Laplace mostrariam que o movimento da maré é completamente controlado pela “tensão horizontal relativamente à gravidade”.

No livro III, Proposição 24, Newton apoia-se no atraso de 3 horas, para a maré alta oceânica, devido aos dados disponíveis das costas oceânicas.

“ Cada dia, tanto lunar como solar, deve crescer e decrescer o mar duas vezes como se depreende dos Corolários 19 e 20 da Proposição LXVI do Livro I, o mesmo que se depreende que a altura máxima da água nos mares profundos e abertos segue num espaço menor de seis horas, à passagem dos astros pelo meridiano do lugar, como acontece em todo o percurso do mar Atlântico e Etiópico, desde França até ao cabo da Boa Esperança, da mesma maneira que no mar Pacífico, na costa chilena e peruana; em que em todos estes litorais a maré ocorre às duas, três ou quatro horas, salvo quando o movimento se propaga desde o oceano profundo através de fundos de pouco calado e se atrasa até à hora quinta, sexta, sétima ou mais. “<sup>46</sup>

<sup>44</sup> Ibid. : 354

<sup>45</sup> Cartwright, D., 1999: 39

<sup>46</sup> Newton, 1987: 660

A concordância com os valores conhecidos das costas Atlânticas e orientais do Pacífico tornaram-se um impedimento para uma análise mais aprofundada da sua hipótese sobre as forças verticais.

Nas três Proposições do livro III, 24, 36 e 37, Newton com base nos corolários já apresentados no livro I, explica as características conhecidas das marés e avaliando as magnitudes das forças de maré, mostra que:

1. a combinação das marés lunar e solar aplica-se somente no ciclo da Primavera e marés mortas;
2. as marés solares são maiores no Inverno, devido ao perihélio, como consequência de  $1/d^3$ ;
3. o anterior também se aplica à Lua, levando a que na Primavera as marés tenham alternadamente maior e menor amplitude;
4. a desigualdade diurna é resultado da declinação em relação ao Equador, que leva a que pontos no hemisfério Norte, durante o dia e em determinadas estações, fiquem mais próximos do Sol; no caso da relação dia-noite, a consequência traduz-se em produzir desigualdade nas duas marés diárias; também o ciclo anual é afectado pois no Verão, para o mesmo ponto no Hemisfério Norte, as marés tendem a ser mais intensas que no Inverno, quer para a Lua, quer para o Sol.

“ Por conseguinte, os astros ao se afastarem do equador para os pólos, perdem gradualmente os seus efeitos, e por isso criarão marés menores nas sizíguas solsticiais do que nas equinociais.”<sup>47</sup>

Os valores cuidadosamente observados em Plymouth e Bristol, para a desigualdade diurna, e colhidos por Newton, mostraram-se inferiores aos previstos pela sua teoria, facto que ele justificou pela inércia dos mares locais.

A proposição 24, é ainda utilizada para uma explicação famosa, relacionada com a única maré existente no porto de Batshae, reino de Tonquin, no sul da China. F. Davenport, transmitiu-o à Royal Society, com um comentário de Halley. Newton começa por verificar o duplo acesso a este porto,

“ Dupla é a entrada a este porto e aos estreitos próximos, uma desde o oceano chinês entre o continente e a ilha de Leuconia e a outra desde o mar Indico entre o continente e a ilha de Borneo.”<sup>48</sup>

---

<sup>47</sup> Newton, 1987: 662

O que lhe vai permitir usar na explicação o recurso a um processo de interferência construtiva e destrutiva,

“ Se a Lua nesta passagem pelo meridiano se encontrar no equador, virão cada seis horas afluxos iguais, os quais incidindo sobre os refluxos mútuos os igualarão aos afluxos, fazendo deste modo que no espaço desse dia a água repouse tranquila.”<sup>49</sup>

Se a Lua declinar do Equador, poderá haver coincidência de dois fluxos ou de dois refluxos,

“ Mas os dois fluxos maiores comporão uma muito grande elevação de água no meio entre ambos, o fluxo maior e menor farão com que a água ascenda a uma altura media no meio de ambos, e entre os dois fluxos menores a água ascenderá a uma altura mínima.”<sup>50</sup>

Na proposição 36 Newton relaciona as forças causadoras de maré com valores de forças terrestres conhecidas.

Na tradução inglesa dos *Principia* adicionou-se um outro livro designado por *O Sistema do Mundo* onde Newton faz uma abordagem mais sucinta dos assuntos tratados nos *Principia*. Para o assunto das marés têm especial importância as secções 50 a 53, em que se destacam os argumentos que permitem rever o valor obtido para a variação da altura da maré.

A figura seguinte mostra a imagem que suporta o novo cálculo

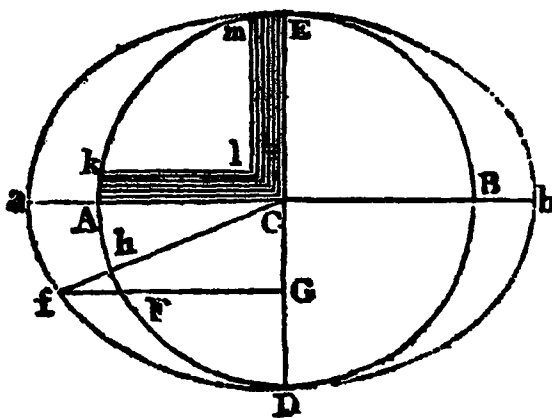


Fig. 4.6 - Figura inserida no *Sistema do Mundo*.

Nesta figura onde aDbE representa a superfície da água, sobre a superfície terrestre ADBE, Newton considerou um canal cilíndrico ACEmlk que passa pelo centro da Terra, C. A força ML assume aqui a responsabilidade da elevação/abaixamento das

<sup>48</sup> Ibid.: 665

<sup>49</sup> Ibid.: 664

<sup>50</sup> Ibid.: 665

águas em A. A força, perpendicular a DE, tem um valor dependente da distância sendo nula em ECml. A partir daí Newton explica o seu modelo:

“ Por conseguinte, a força ML, ao empurrar a água para cima, diminui a sua gravidade numa determinada proporção, ao longo do braço ACIk do canal. E por isso a água deste braço sobe, para compensar com uma maior altura a falta de gravidade; e não repousará em equilíbrio até que a gravidade total seja igual à gravidade total no braço ClmE deste canal.”<sup>51</sup>

De seguida Newton estabelece algumas relações para as alturas e em função da altura do braço EClm, conclui,

“Assim pois a altura do dito braço EClm de 19.615.800 pés parisienses, como foi recentemente estabelecido pelos franceses; e em consequência, pela proposição dita segue-se uma diferença de  $9\frac{1}{5}$  polegadas do dito pé. Portanto a altura do mar por causa da força do Sol será maior em A do que em E numas nove polegadas (...)”<sup>52</sup>

Nas secções 51 a 53, abordará outros aspectos também importantes como a altura da maré nos paralelos, devido ao Sol; a razão da altura das marés, no equador, devido à acção conjunta Sol-Lua; nas sízígias em relação às quadraturas e por último o cálculo das forças lunares causadoras das marés e respectiva altura causada.

#### 4.7. Comentário à Teoria Newtoniana

O grande mérito de Newton ao tratar as marés, residiu no facto de, pela primeira vez, este fenómeno ser tratado como um problema matemático, sendo confrontado com os dados empíricos então conhecidos. Estava assim alcançado um dos aspectos práticos mais importantes: a sua previsão. A pouca informação disponibilizada não impediu que se mostrasse como a acção conjunta do Sol e da Lua nos mares, variava com a profundidade dos oceanos, a sua forma, a propagação das ondas e outros factores. Nas décadas seguintes a teoria foi aperfeiçoada, sobretudo por Bernoulli, Laplace e Euler, entre outros, mas registamos aqui alguns comentários de notáveis hidrógrafos ingleses, do século XIX, às deficiências da teoria newtoniana<sup>53</sup>. W. Whewell nas suas memórias sobre as marés, nas *Philosophical Transactions*, refere,

“ Posto que a teoria do Equilíbrio expresse as leis e várias desigualdades das marés, não é a verdadeira teoria, porque as marés é um problema de movimento (como já o tinham indicado Laplace e Galileu), mas em virtude do estado imperfeito da ciência matemática de hidrodinâmica, ela é a melhor que pode ser adoptada.”<sup>54</sup>

---

<sup>51</sup> Newton, 1986: 90

<sup>52</sup> Ibid.

<sup>53</sup> In Romão, 1944: 260

<sup>54</sup> Ibid.

Whewell, no volume II da sua *History of the Inductive Sciences, 1858*, continua,

“ A teoria de Newton explicou com brilho as feições mais salientes das marés então conhecidas: as diferenças das marés vivas e das marés mortas, as desigualdades diurnas e o efeito da declinação e paralaxe da Lua e algumas anomalias em certos lugares; mas as explicações práticas exigiam o acordo completo da teoria com as observações.”<sup>55</sup>

Airy, é mais contraditório nos seus comentários. Inicialmente considera-a a mais desprezível teoria para explicar uma massa de importantes factos físicos, inteiramente falsa nos seus princípios e inteiramente inaplicável nos seus resultados, mas depois acaba por considerar uma maravilhosa primeira tentativa, e uma exposição compendiosa da infinita variedade de forças de maré no tempo e no espaço<sup>56</sup>.

G. Darwin, em *Tides and Kindred Phenomena*, considera que o trabalho de Newton é o primeiro sobre tão difícil assunto, e a sua teoria é a base firme em que assenta todo o trabalho subsequente.

Os *Principia*, quando da sua publicação, são alvo de uma recensão publicada nos *Philosophical Transactions* com pouco mais de seis páginas, não assinada, onde, a abrir, se escrevia:

“ Este autor incomparável que foi finalmente persuadido a apresentar-se publicamente, deu, neste tratado um exemplo notável da extensão da capacidade de Pensamento, e mostrou de imediato quais são os princípios da Filosofia Natural, derivando deles todas as suas consequências que parece ter exaurido os seus Argumentos e pouco ter deixado para aqueles que lhe sucederem (...)”<sup>57</sup>.

E mais adiante, escreve:

“ (...) Aqui da mesma maneira são indiscutivelmente resolvidos os Fenómenos das Marés, ou Fluxos e Reflexos do mar (...)”<sup>58</sup>.

Embora esta recensão não fosse assinada, sabe-se que o seu autor foi Edmond Halley, o mesmo que quatro anos depois escreverá no mesmo periódico científico *The True Theory of the Tides, Extracted from That Admired Treatise of Mr. Isaac Newton, Intituled, Philosophiae Naturalis Principia Mathematica; being a Discourse Presented with That Book to the Late King James*, cuja primeira página se apresenta na fig. 4.7. Neste texto, que, pela sua natureza, terá influenciado, em diversos pontos, a obra de Jacob de Castro Sarmiento — atente-se na semelhança dos títulos— e, a propósito da

---

<sup>55</sup> Ibid.

<sup>56</sup> In Romão, 1944: 260

<sup>57</sup> PT, 16: 291

<sup>58</sup> PT, 16: 296

explicação dada pela lei da gravitação Geral sobre os valores das marés ocorridas em diferentes partes do mundo, escreveu o seu autor:

“ (...) Mas, os desejos de várias honradas Personalidades que manifestaram interesse, obrigaram-nos a inserir aqui, para proveito de todos que estão menos familiarizados com os assuntos matemáticos, e, portanto, que não se atrevem a solicitar ao próprio autor, mas sentem uma grande curiosidade para serem informados pelas causas das coisas, particularmente do Fenómeno geral e extraordinário que são as marés (...) esperamos que os sábios de maior estatura sejam indulgentes com a liberdade que tomámos para satisfazer os seus inferiores em conhecimentos da Ciência (...)”<sup>59</sup>

Mostrando o autor que a Lei da gravitação Geral permite explicar os valores das marés ocorridas em diferentes partes do mundo.

( 445 )

*II. The true Theory of the Tides, extracted from that admired Treatise of Mr. Isaac Newton, Intituled, Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica; being a Discourse presented with that Book to the late King James, by Mr. Edmund Halley.*

*I*T may, perhaps, seem strange, that this Paper, being no other than a partite Account of a Book long since published, and whereof a fuller Extract was given in Numb. 187. of these Transactions, should again appear here; but the Desires of several honourable Persons, which could not be withstood, have obliged us to insert it here, for the sake of such, who being less knowing in Mathematical Matters; and therefore, not daring to adventure on the Author himself, are notwithstanding, very curious to be informed of the Causes of Things; particularly of so general and extraordinary Phenomena, as are those of the Tides. Now this Paper having been drawn up for the late King James's Use, (in whose Reign the Book was published) and having given good Satisfaction to those that got Copies of it; it is hoped the Savans of the higher Form will indulge us this liberty we take to gratifie their Inferiours in point of Science; and not be offended, that we here insert more largely upon Mr. Newton's Theory of the Tides, which, how plain and easie soever we find, is very little understood by the common Reader.

The sole Principle upon which this Author proceeds to explain most of the great and surprizing Appearances of Nature, is no other than that of Gravity, whereby in the Earth all Bodies have a tendency towards its Centre;

X x x

as

Fig. 4.7- Primeira página do artigo de Halley.

<sup>59</sup> Halley, E. e Newton, I, (1695- 1697): 445



## 5. COMENTÁRIO À “THEORICA VERDADEIRA DAS MARÉS”

### 5.1. Introdução

Para realizar este comentário dividimos a obra em sete partes tendo em conta os vários objectivos que Sarmiento revela ao longo da obra: A «Dedicatória» e o «Prólogo»; Apontamento Biográfico sobre Newton; Apresentação da Óptica Newtoniana; Apresentação dos *Principia*; Explicação da Teoria das Marés; A Demonstração da Responsabilidade da Força da Gravidade pela Órbita Circular da Lua; A Gloza dos Termos. A teoria das marés newtoniana é o pano de fundo para a construção de uma obra de divulgação científica, perfeitamente comparável ao que melhor se produziu pela Europa Ilustrada. Ao contrário de outras obras como os *Elementos* de Voltaire, o *Newtonianismo para as Damas* de Algarotti e até o *Theatro Crítico Universal* de Feijoo, a *Theorica Verdadeira das Marés* não teve qualquer tradução para outras línguas, o que, comparado com as duas primeiras, diminui um pouco o alcance e a projecção da obra do médico de origem portuguesa.

Em cada uma das partes procuramos analisar os objectivos do autor, procurando estabelecer relações com a obra de Newton e de Halley. Em todas as citações da *Theorica*, escreveremos o texto de acordo com o original e sem qualquer correcção ortográfica.

### 5.2. A “Dedicatória” e o “Prólogo”

A razão de ser desta extensa dedicatória (12 páginas) é dada pelo próprio autor logo nas primeiras linhas:

“Todo o intento das Dedicatórias, que commumente vemos nos livros, reduzem seus Autores a os dous seguintes tópicos: Ou fizeram, a quem dedicam o trabalho dos seus estudos, huma publica confissão de beneficios recebidos; ou offerecendo as suas Obras, a quem possa recomendalas e protege-las: E por ambos estes titulos podia eu, e devia dedicar o seguinte Tratado a V.E.”<sup>1</sup>

Jacob de Castro Sarmiento procura uma recomendação e protecção para a sua obra, visto que esta é alimentada por um propósito: apresentar Newton e a sua filosofia,

---

<sup>1</sup> Sarmiento, 1737: III

evocando as qualidades científicas e humanas do autor inglês, assim como os avanços científicos provocados pela sua filosofia, em detrimento da filosofia cartesiana que, na altura da edição da *Theorica* ainda tinha grande implantação na Europa. Combater, em Portugal, as concepções peripatéticas, que provocavam um grande atraso em relação à realidade europeia, é outro dos objectivos.

O pequeno resumo da capa da obra é claro:

“Em que se mostram pela mais evidente, e distinta forma, os principaes Phenomenos das Marés; e se explicam de maneira, que se fazem perceptíveis a qualquer capacidade commua, ainda que sem Principios Geometricos, e Astronomicos, de que se tanto se necessita, para intelligencia do que o Illustre NEWTON descobrio, e nos deixou este dificultosissimo Phenomeno de Naturesa.”<sup>2</sup>

A obra começa com uma grande dedicatória a D. Manoel José de Castro Noronha Ataíde e Sousa, em que o nosso autor, após mais de duas páginas de evocações de títulos, começa na página terceira, por apresentar os objectivos da dedicatória:

- primeiro, o aumento da cultura científica dos portugueses,

“(…)em hum Reyno, adonde os naturaes se não tem dado ao estudo de Mathematica, com aquella infatigavel applicaçam, e gosto, que as mais Nações da Europa.”

“(…) e o fim, que me moveo a escrevelo, não foy o meu, mas o beneficio geral, e publico, (...)”<sup>3</sup>

- segundo, a difusão da nova filosofia no Portugal peripatético,

“Que os Philosophos se acham de presente satisfeitos, com a mais exacta, e verdadeira explicacaam desta abstrusa parte da Philosophia Natural, espero eu que sirva de alguma prova esta *Theorica*, que offereço agora a V.E. a qual se deve considerar como hum Commento ao que aquelle grande Genio nos deixou escrito sobre este sogetto.”<sup>4</sup>

Na página VI da dedicatória, Sarmento invoca um aparelho, que segundo o nosso autor exemplifica correctamente a “certesa desta *Theorica*”. Trata-se de um aparelho de demonstração, desenvolvido por Desaguliers, que produz os dois lóbulos oceânicos, através de um mecanismo onde se criam forças idênticas às forças gravíticas envolvidas no fenómeno natural. Sarmento relata que terá visto o aparelho pela primeira vez, nos *Banhos, ou Caldas Bathonienses*, a noventa milhas de Londres, num dos vários cursos

---

<sup>2</sup> Sarmento, 1737: Capa

<sup>3</sup> Sarmento, 1737: iv

<sup>4</sup> Sarmento, 1737: v

de filosofia experimental que Desaguliers dava, quer à nobreza, quer ao povo. Curiosa é também a afirmação do nosso autor quando diz

“ (...) e as demonstraões, que se fazem com dita Maquina, tem lugar, e confirmam a seguinte Theorica, quer seja o Sol o que se move, quer a Terra.(...)”<sup>5</sup>

Para compreendermos esta interessante máquina de demonstraões, que terá influenciado positivamente Sarmiento para a escrita da *Theorica*, recorremos a Theodoro de Almeida<sup>6</sup>, que apresenta um diagrama da máquina por si construída, afirmando que o modelo era da autoria de Bento de Moura Portugal, que lho apresentou por volta de 1743, após ter estudado com Desaguliers, em Inglaterra (ANEXO D).

Sarmiento mostra-se na *Theorica* muito entusiasmado com a criação da Academia Portuguesa de História e com a bênção de D. João V a esta instituição. O aparecimento da Academia traduz-se num ponto de viragem da actividade intelectual portuguesa, institucionalizando-a. É a um dos fundadores, o 4º conde da Ericeira, D. Francisco Xavier de Menezes que Sarmiento espera que a obra venha a agradar,

“E se V. E. me der a menor indicaçam de que lhe não foy dezagradavel o intento, com que escrevi, e offereço aos pés de V. E. o seguinte Tratado; e me assestir com a sua influencia, a daquelle alto, regio, e benefico Spirito, que anima os corações Portugueses em casa, e fora della; a insinuações daquelle grande thesouro de erudiçam, e sabedoria, \* [ \* O Excellentissimo Senhor CONDE DA ERICEYRA] tenho matéria disposta, com que, talvez, faça o mayor serviço a minha Pátria (...)”<sup>7</sup>

Esta esperança de Sarmiento era fundamentada pois o Conde era nesta data um aderente ao newtonianismo, um dos poucos que havia em Portugal. Inicialmente cartesiano, devido à sua formação com Manuel de Azevedo Fortes, Menezes vai ao longo de toda a década de 30 revelando a sua adesão. Nos *Extractos Académicos dos livros, que a Academia de Petersburg mandou à de Lisboa. Feitos por ordem da mesma Academia pelo Conde da Ericeira*, de 1736, escreve

“ (...) na Academia da Rússia justamente se seguem os princípios de Newton, o maior Filósofo dos Inglezes e o que melhor uniu, e demonstrou por princípios matemáticos quanto pode ser demonstrável na Filosofia Natural.”<sup>8</sup>

Nos mesmos extractos Menezes inclui-se no número de filonewtonianos e mostra o desejo de ser para o nosso país o que Voltaire foi para a França, na divulgação de

---

<sup>5</sup> Sarmiento, 1737: vi

<sup>6</sup> Almeida, 1799: 200-225

<sup>7</sup> Sarmiento, 1737: xiv

<sup>8</sup> In Cunha, 2001: 72

Newton<sup>9</sup>. Quando Sarmiento escreve a *Theorica*, já Menezes o conhecia, ou pessoalmente, ou pelos seus trabalhos, visto que Menezes o havia recomendado a D. João V para a reforma dos estudos médicos, em 1730. Interessante é saber a importância que Sarmiento poderá ter tido na adesão de Menezes ao Newtonianismo, pois este possuía bibliografia sobre o tema das marés, a fazer jus ao catálogo das obras do 4º Conde da Ericeira, existente em apêndice às *Fábulas de Eco Y Narciso, de 1729*, no qual se insere, entre outras obras de índole científico, uma *Dissertação do fluxo, e refluxo das marés*<sup>10</sup>.

Inicia o nosso autor a oferenda desta obra ao “Leytor Português...amigo”, explicando os objectivos da obra, ou seja, “as Causas naturaes do Fluxo, e Refluxo das Agoas”. A origem das marés sempre foi um dos grandes mistérios da natureza e Sarmiento pretende apresentar ao leitor português a explicação dada por Newton, ainda que para isso tenha que pagar um preço. Esse preço, que consiste na utilização da língua portuguesa para a redacção da obra, é mais “o amor da Pátria, que a conveniencia própria”. No século XVIII o latim era a língua mais utilizada para a transmissão do conhecimento entre pessoas de diferentes países. Os *Principia*, são disso reflexo e a utilização do português, ainda que com objectivos patrióticos, é um preço que, ainda hoje, o autor e o país estão a pagar, já que são raras as obras ou artigos internacionais sobre o newtonianismo, que citam ou estudam a obra de Sarmiento, ainda que seja,

“ (...) o primeiro que sahe a luz na Europa, sobre o que o grande NEWTON nos deixou escrito sobre a matéria (...)”<sup>11</sup>

Quando e no seguimento das suas desculpas sobre alguns erros de índole científico que possam surgir por “meter a minha fouce em seara alhea”, Sarmiento refere,

“Nem me arguas, te supplico, que a materia deste Tratado, fica fora da Faculdade, que professo, e que bem escuzado me fora, meter a minha fouce em seara alhea;”<sup>12</sup>

Explicita que nesta matéria não é especialista, contudo chama à colação a sua experiência como médico ou a forma como o fenómeno das marés influencia o comportamento do corpo humano. Na comunidade médica, onde a explicação experimental estaria ainda numa fase incipiente, era ainda comum atribuir-se às forças dos astros a responsabilidade por certas doenças,

“ Nem se podem totalmente conceber sem o seu concurso, as Epilepsias, e Vertigens periódicas, que repetem somente nas luas novas, e luas cheias (a). Aquella Moça Epiléptica,

---

<sup>9</sup> Cunha, 2001: 72

<sup>10</sup> No Anexo E, reproduzimos as páginas, desse Catálogo, referentes à *Dissertação* sobre as marés.

<sup>11</sup> Sarmiento, 1737: 1

<sup>12</sup> Sarmiento, 1737, 2

que tinha humas manchas na cara, que na côr, e grandeza, variavam conforme as Phases da lua (b). As fúrias dos Maníacos, que repetem com mayor vehemencia na lua nova e na lua chea; (...)”<sup>13</sup>

Sarmiento associa a física celeste à física do corpo humano, uma união que também é atribuída a Newton,

“E he esta doutrina tam plauzivel, e tam certa, que sempre a reconheceo a Sabedoria, e experiencia dos Gregos, e Latinos, e a confessa a dos Modernos; ainda que, o como aquellas for, as produzem os seus efeitos nos corpos humanos, antes que o Immortal NEWTON o descobrisse, o ignoravam todos”<sup>14</sup>

Nas páginas quatro e cinco, do Prólogo, Sarmiento solicita o leitor ao abandono do aristotelismo e cativa-o para o newtonianismo com um grande exemplo, que justifique a sua adesão: a questão da longitude e o Cronómetro de Harrison,

“Aos Princípios desta Philosophia, ou á comprehensam das forças Centrípeta e Centrifuga, deve o seu descobrimento a pasmosa fabrica de hum Relogio de dous Pendulos, que com mutuo acesso, e recesso, se movem em hum meyo circulo; cuja construçam e mechanismo, serve de admiraçam aos Artifices mais peritos, e aos Homens mais sabios; pois nem os mayores balanços de hum Navio lhe podem alterar o seu movimento, nem o mayor gráo de calor o faz hir mais apressado, nem o mayor gráo de frio o faz hir mais vagaroso; de maneira, que com toda a variedade de tempos, nunca tem excedido de hum segundo por mez a sua differença: Circumstancias, que fazem que mais que provável o conseguirse aquele Grande descobrimento da longitude, por meyo deste admiravel Instrumento, e fica seu Autor a partir com elle para a India, em um navio que nomeou a proposito o Almirantado de Inglaterra, para fazer com ele os exames, e prova, que se necessitam por huma Ley do Parlamento, para haver de ganhar o prémio de quatro centos mil cruzados que o descubridor se lhe tem assinado.”<sup>15</sup>

O primeiro relógio de Harrison, cujos planos foram apresentados em 1730, iniciaria um processo e uma polémica que se arrastou por mais de quatro décadas, acabando finalmente por ser atribuído a Harrison, o prémio da solução deste problema, a determinação da longitude. Harrison não tinha formação académica e os seus conhecimentos deviam-se à auto-aprendizagem: em 1712 teve acesso a um manuscrito com prelecções sobre filosofia natural, realizadas pelo matemático Nicholas Saunderson, da Universidade de Cambridge. Harrison estudou profundamente o manuscrito, copiando-o e inserindo as suas anotações, dando-lhe o título *Mr. Saunderson's*

---

<sup>13</sup> Ibid.

<sup>14</sup> Ibid., Prólogo: 3

<sup>15</sup> Sarmiento, 1737, Prólogo: 3

*Mechaniks*. Outros autores referem também que ele teria lido os *Principia* de Newton<sup>16</sup>, sendo estes dois livros a base da sua preparação, o que justifica o exemplo que Sarmento apresenta, como aplicação da “*Philosophia Newtoniana*”<sup>17</sup>. Com o exemplo de Harrison, Sarmento pretende unicamente motivar as pessoas que, não possuindo uma cultura avançada, possam através do estudo persistente e dedicado, compreender a nova filosofia e as aplicações que dela se poderão obter.

A terminar o prólogo Sarmento propõe a obra do padre Jesuíta *Manoel de Campos*, escrita também em Português, para apoiar o estudo da *Philosophia Newtoniana*. Manuel de Campos contemporâneo de Inácio Monteiro, escreveu duas obras: *Geometria Plana e Sólida*, de 1735, e *Trigonometria Plana e Esférica*, de 1737<sup>18</sup>.

Antes de entrar no corpo do texto Sarmento apresenta uma página de Erratas, onde se destaca, no final da lista a adopção, pela obra, do “estilo Juliano”, quando se falar “do tempo dos Equinócios, e dos Solstícios”. Isto significa que a obra foi escrita tendo presente o calendário Juliano, em vigor na Inglaterra, desde a época romana, quando César patrocinou um calendário com as seguintes características: início do ano a 1 de Janeiro, o ano definido pelo tempo de 365 dias e  $\frac{1}{4}$ , correcção a cada quatro anos com a introdução do ano bissexto, evitando que, por exemplo, um ano começasse ao meio dia. O que não foi levado em linha de conta pelos construtores do novo calendário, foi o facto do ano solar não ser exactamente 365 dias e 6 horas, mas sim 365 dias, 5 horas, 48 minutos e 46,7 segundos. Esses 11 minutos e 13,3 segundos anuais levaram a que com o decorrer dos anos o calendário se atrasasse em relação à realidade solar, sendo já de dez dias em 1577, altura em que o papa Gregório XIII, reuniu vários especialistas para obter uma reforma adequada, que teria que ter obrigatoriamente dois pilares: a supressão dos tais dez dias de desfasamento e o evitar, no curto prazo, desfasamentos importantes. O calendário ganhou Bula Papal a 24 de Fevereiro de 1582 e o objectivo imediato era a sua introdução nos países cristãos de forma simultânea. Não foi isso que aconteceu, e numa Inglaterra que há pouco se tinha separado de Roma, a indignação chegou às ruas e o povo suplicou pelos dez dias que o Papa lhes queria retirar. Perante isso, a rainha Elisabete não introduziu o calendário gregoriano, mantendo-se o atraso de dez dias. Isso só viria a acontecer quase dois séculos mais tarde, a 3 de Setembro de 1752.

---

<sup>16</sup> Sobel, 2000: 61

<sup>17</sup> Sabe-se que Newton era partidário de um método astronómico para a determinação das longitudes. (Sobel, 2000: 57-58)

<sup>18</sup> Carvalho, 2001: 393

### 5.3. Apontamento biográfico sobre Newton

Antes de Sarmiento iniciar a sua explicação da causa das marés, faz, entre as páginas 1 e 37 uma introdução à vida e obra de Newton. Assim, nas páginas 1, 2 e 27 a 37, de uma forma exageradamente laudatória, Sarmiento apresenta o autor dos *Principia*:

“As suas Virtudes e perfeições moraes dão tam justo e extensivo fundamento para Panegyrico como os seus profundos Descobrimentos da Natureza»<sup>19</sup>

E o tom panegírico chega ao pormenor:

“Era fermoso de cara, de mediana estatura, delgado de corpo, olhos vivos, e agudos, e de hum semblante atractivo e veneravel. Nunca fez uso de oculos, nem perdeo em toda sua Vida mais que hum dente; o seu character Illustre fará discupavel o mencionar tam miudas circunstancias.”<sup>20</sup>

Isto é, só o facto de ser uma figura ilustre justifica tal tipo de descrição...

As primeiras páginas são reservadas à polémica com Leibnitz: o cálculo do comprimento das trajectórias, a que deu o nome de Método das Fluxões. Sem historiar a polémica, Sarmiento, como não podia deixar de ser, toma o partido de Newton:

“ (...) na bem sabida disputa entre os Mathemáticos de Inglaterra, e Mr. Libnitz, celebrado Mathemático de Hanover, que se suppoz ser o Inventor do admirável Methodo das Fluxoes. A o prezente confessam geralmente todos, que o Illustre NEWTON não somente tinha achado esta grande Invençam; mas que em alguns de seus manuscritos a tinha levado á mayor perfeiçam muito antes que Mr. Libnitz declarasse que sabia cousa alguma della; e que o que Mr. Libnitz publicou nos Acta Eruditorium, Lipsice. com o titulo de Calculus Differentialis, foi somente o Methodo das Fluxoes do Illustre NEWTON disfarçado; de que elle havia alcançado a notticia, quando esteve em Inglaterra, e por cartas dos Mathematicos Britannicos. Ainda que o Mr. Libnitz tinha adquirido huma grande reputaçam com o publicar do Calculus Differentialis, como seu Inventor, com tudo isto os amigos do Illustre Newton não puderam conseguir delle, que se fizesse a si justica, e informasse ao público do que havia na materia, imprimindo as suas Obras: E só poderam alcançar hum dos seus manuscritos, que tinha por titulo; Methodo que descobri haver tempo: Neste manuscrito se continha não somente o Methodo das Fluxoes, mas também a sua applicação á resoluçam de alguns dos mais sublimes Problemas em Geometria.”<sup>21</sup>

Este é o primeiro facto da vida de Newton contado com bastante relevância: a forma como Leibnitz se apoderara daquilo que o autor dos *Principia* descobrira. A biografia de Newton não é descrita de uma forma sistemática, mas são, sobretudo, apontados factos

---

<sup>19</sup> Sarmiento, 1737: 32

<sup>20</sup> Sarmiento, 1737: 32

<sup>21</sup> Sarmiento, 1737: 3

que revelam a premonição da sua genilidade. Assim ao evocar os seus primeiros anos refere Sarmiento que,

“ (...) sua May viúva o tirou do estudo de Grantham de poucos annos, a fim de lhe vir tratar das dependencias de sua casa ele mesmo, mas antes de muito tempo passado veyo no conhecimento do grande descuido e negligencia, com que seu filho tratava tudo o que pertencia a estes empregos e que a nenhum outro applicava seus cuidados mais que a os livros; e assim se rezolveo a mandalo outra vez para a Universidade de Cambridge, para melhor poder seguir a inclinação do seu genio, e exercitar as grandes faculdades da sua incomparável capacidade, e talento; e com effeito no ano 1660 foy admittido no Collegio da Trindade da Universidade de Cambridge, sendo de desoito anos de idade.”<sup>22</sup>

E, umas linhas à frente, sempre com o propósito de relatar as “extraordinarias circunstâncias da Vida deste Philosopho Illustre”, premonitórias do seu génio, relata o episódio do suposto chumbo no exame para “obtenção do gráo de Bacharel em Phylosophia”,

“ (...) o acharam os seus examinadores tam pouco versado naquela Sciencia scolastica, que necessitava, para merecer o gráo que pretendia, que o reprováram e lhe ordenaram que fosse estudar de novo (...)”<sup>23</sup>

Acabando por chegar a notícia de tal atitude a Isaac Barrow,

“ (...) Hum dos maiores mathematicos da quelle tempo, que conhecia muito bem o nosso Ilustre Philosopho, e o seu grande talento, perguntando a os examinadores o que haviam feito com Isaac Newton, lhe responderam, que o haviam mandado a estudar de novo, por não achalo bastantemente qualificado; o que ouvido, lhe pedio com as mayores instancias, que mandassem buscalo, e que por sua propria reputaçam, e da Universidade toda lhe fizessem as mayores honras, pois todas merecia; e com efeito mandaram por ele e lhe deram o gráo para que era candidato.”<sup>24</sup>

E sobre este facto proclamou Jacob de Castro Sarmiento:

“ E o que faz mais extraordinaria esta circumstancia he que o mesmo Dr. Barrow (...) chegou a resignar a cadeira em que era lente de Mathematica na mesma universidade a o nosso Philosopho Illustre, tendo elle não mais do que 27 Annos de Idade quando principiou a ler e tomou posse.”<sup>25</sup>

O que corresponde à situação conhecida de Newton ser o sucessor de Barrow na cátedra «Lucasiana»<sup>26</sup>.

---

<sup>22</sup> Ibid.: 34.

<sup>23</sup> Ibid.: 35

<sup>24</sup> Ibid.: 35

<sup>25</sup> Ibid: 35

<sup>26</sup> Guicciardini (2005): 20



Continuando a enaltecer a figura de Newton, Sarmento enumera os cargos por ele ocupados — “vice Provedor da casa da moeda”, “eleito membro do Parlamento, por ter uma grande compreensão de matérias políticas” — e, em particular, os cargos académicos:

“A Famoza Academia das Sciencias de Pariz, no ano de 1699 fez varias regulacoes para poder admittir Estrangeiros, e apenas esta regulaçam se havia feito, quando logo nomearam o Illustre Newton por seu Académico”, admitindo Sarmento que essa regulamentação tivesse sido criada com o objectivo de admitir Newton, que “nunca quis receber a pensam que lhe pertencia de direyto”, atribuída por Luís XIV, através da Academia:

“No Anno 1703 foi o nosso Philosopho Illustre eleito Presidente da Real Sociedade, e continuou na cadeira ate à sua morte.”;

Sarmento descreve os últimos instantes da vida de Newton:

“Ainda No Sábado 18 de Março estava em seus sentidos, e entendimentos perfeitos, mas no mesmo dia á noite os perdeo todos; e como o glorioso Sol, padecendo hum instantaneo, e total Eclipse, se occultou em emispherio mais permanente, na segunda feira seguinte.”<sup>27</sup>

Detendo-se, em seguida, na enumeração dos documentos encontrados na residência:

“(…) se acharam entre os seus papeis varios Discursos sobre Antiguidades, Historia, e ainda Theologia: as Descriçoes dos Curvos, Construcções de Equações, Sinos, Fluxoes, Seccoes Angulares, Mechanicas, etc.”<sup>28</sup>

O apreço que o *Ilustre Cavalheiro* tinha na corte era tal que Sarmento regista o que sobre ele declarou a rainha

“(…) e S. Magestade mesma, a presente Rainha da Grande Bretanha, quando Princeza de Galles (porque o Cavalheiro Newton morreo antes della vir ao trono) declarou em publico, que ella tinha por huma das venturosas circumstancias da sua Vida o viver no tempo deste Philosopho Illustre, e o conversar com ele.”<sup>29</sup>

#### 5.4. Apresentação da Óptica Newtoniana

Na página 14 termina a explanação sobre a fundamentação dos *Principia*, de que trataremos a seguir, iniciando, por um lado, a descrição das principais descobertas da óptica newtoniana e, por outro, estabelecendo uma ligação com o mundo das substâncias e das suas reacções.

---

<sup>27</sup> Ibid.: 32

<sup>28</sup> Ibid.

<sup>29</sup> Ibid.: 2

Para a óptica, Sarmiento utiliza cinco páginas, da 14 à 18, em que dá ênfase sobretudo à experiência newtoniana do prisma, para a obtenção das cores:

“As cores originaes da Luz sam, vermelho, cor de laranja, amarelo, verde, azul, cor de violeta, e cor de Anil, ou roxo claro, e roxo escuro; em todas *sete cores cardinaes*.”<sup>30</sup>

Sarmiento possui uma visão simplista do espectro contínuo do visível, descrevendo com pormenor a experiência da dispersão:

“Em hum apozeno, com todas as janellas fechadas, todo escuro, fazendosse em huma das portas da janella opposta a o Sol hum pequeno buraco, pondosse defronte do mesmo buraco hum Prismo de vidro (Instrumento, que inventou o nosso Illustre Philosopho) se obervara, que apparece na parede de fronte da outra parte do apozeno, ou no tecto, hum corpo de Luz comprido, e de varias cores.”<sup>31</sup>

Antes de apresentar a cor dos objectos, com base na experiência da dispersão da luz branca através do prisma, Sarmiento explica ao leitor o conceito de reflexão e refração dos raios luminosos, errando na definição de Refracção e confundindo-se na de Reflexão,

“A refrangibilidade dos rayos he a sua disposiçam para se apartar mais, ou menos do seu caminho em incidencias semelhantes, e no mesmo medium; e a reflexibilidade he a sua disposiçam para tornar para trás mais ou menos facilmente para o mesmo médium, de outro qualquer outro em cuja superficie hajam cahido.”<sup>32</sup>

Se Sarmiento consultou a Óptica de Newton de 1730 (4ª Edição) verificamos que no Livro I a definição II,

“A refringência dos raios de luz é a tendência de serem refractados ou desviados da trajectória quando passam de um corpo ou meio transparente para outro. E uma refringência maior ou menor dos raios é a tendência de se desviarem em maior ou menor grau da sua trajectória em incidências semelhantes no mesmo meio.”<sup>33</sup>

e a definição III, são bastante claras,

“ A reflexibilidade dos raios é a sua tendência a ser reflectidos ou a voltar para o mesmo meio, vindos de qualquer outro meio sobre cuja superficie incidem. E os raios que voltam com maior ou menor facilidade são os raios mais ou menos reflexíveis”<sup>34</sup>

Houve pouco cuidado na transcrição ou na interpretação das propriedades da luz, tal como refere também,

---

<sup>30</sup> Ibid.: 14

<sup>31</sup> Ibid.

<sup>32</sup> Sarmiento, 1737: 14

<sup>33</sup> Newton, 1996: 39

<sup>34</sup> Ibid.: 40

“(...) o nosso ilustre Dr. Jacob de Castro Sarmiento, newtoniano fiel, tenha também, por seu lado, mal compreendido a definição de reflexibilidade”<sup>35</sup>.

Antes de fazer uma análise mais detalhada da refrangência e da cor dos objectos, Sarmiento aborda ainda o conceito de lente através de uma descrição que é semelhante à experiência 2, das Provas por Experiência da parte 2, do livro I, da Óptica de Newton <sup>36</sup>.

Na página 16 surge um resumo das principais conclusões da óptica newtoniana, que apresenta em cinco pontos,

“(1) que a luz do Sol não he um corpo simples, mas composto de sete ordens diferentes de rayos de diversas cores (...);”

“(2) que estas sete ordens de rayos sam differentemente refrangiveis (...);”

“(3) Que todos os corpos apparecem daquella cor de que sam os rayos da luz que reflectem, ou fazem voltar para trás para o mesmo Médiu onde haviam sido recebidos.”;

“(4) Que o branco e o negro naõ sam cores originaes e verdadeiras; porquanto o branco he uma reflectam igual de todas as cores originaes, e o negro resulta de não reflectir, ou voltar para trás ordem alguma de rayos, porque se absorbem todos (...)”

“(5) Que a variedade de cores nos corpos naturaes procede da diferente reflectam, ou refracçam de huma, duas, ou mais ordens de rayos , (...)”<sup>37</sup>.

Sarmiento tenta relacionar a estrutura dos corpos naturaes com as cores que esses corpos apresentam. Ao longo destas páginas dedicadas à óptica newtoniana, “estrutura, textura, partes dos corpos e mixtura das partes dos corpos” são sinónimo de estrutura ou composição íntima da matéria. Para ilustrar a influência da “estrutura” na cor, Sarmiento não se poupa a exemplos, certamente alimentados pela sua experiência de médico, o que incluía a de boticário, e apresenta um conjunto de 31 operações que conduzem a mudança de cor. Existem, nesta bateria, variações de cor com a luz, com o calor, com a concentração, com a acidez/alcalinidade e com a adição de uma ou duas substâncias. Os metais puros e as ligas metálicas são as mais abordadas (Cobre, Estanho, Chumbo, Prata, Mercúrio). As flores são outro foco de exemplos,

“ Rosas vermelhas lançadas em spirito de Vinho, em pouco tempo perdem a cor vermelha, sem que no liquor se perceba cor alguma; mas se se lhe lançar dentro hum pouco de oleo, ou spirito de Vitriolo, que he branco, o liquor apparecerá todo vermelho: E se depois disto se lhe lançar um pouco de spirito alkalico, ou urinoso na mixtura, se volta logo verde, e desaparece a cor

---

<sup>35</sup> Silva, 1932: 6

<sup>36</sup> Newton, 1996: 110

<sup>37</sup> Sarmiento, 1737: 16

vermelha; e se depois se lhe lançar mais spirito de Vitriolo, desaparece o verde, e torna a aparecer o vermelho.”<sup>38</sup>

E tal como a filosofia da Óptica de Newton, ele com estas observações extrai conclusões,

“ Alterada a textura dos corpos, e a situaçam de suas partes pela simples mixtura de huns com outros, se produzem, destroem, e regeneram varias cores.”<sup>39</sup>

“ De duas cores diversas, alterada a textura dos corpo para reflectir, ou refrangir mais estes do que aquelles rayos, somente misturadas, pode resultar huma terceira cor diferente de ambas.”<sup>40</sup>

Para ilustrar a ultima conclusão, Sarmento comete um erro ao considerar que a luz branca que incide num vidro azul e de seguida num vidro amarelo, vai emergir em verde. Sarmento não deverá ter realizado a experiência, pois só um primeiro vidro com a cor ciano (verde mais azul) ou verde azulado, poderá levar a um resultado como o indicado. Refere também a Roda das Cores de Newton, quando “hum grande piaõ” se pintar com várias cores. A óptica newtoniana termina na página 27 referindo as questões “que contem materia bastante para dirigir, e empregar os Philosophos futuros”, e o Telescópio de Reflexão, “hum dos quaes, somente de 5 pes, magnifica tanto como hum dos communs de 100 pes de comprimento”. Sarmento compara aqui a ampliação do Telescópio Newtoniano com o de então, habitualmente utilizado, o Telescópio de Refracção.

### 5.5. Apresentação dos Principia

Entre as páginas 4 e 13, Sarmento faz uma apresentação dos *Principia*, optando por expor, em primeiro, os resultados da gravitação newtoniana, intercalando os fundamentos e, por último, passa em revista os objectivos da mecânica newtoniana.

Registámos três resultados a que Sarmento dá destaque. O primeiro é o achatamento dos planetas nos pólos, em que para o abordar o nosso autor começa por lembrar os trabalhos de Kepler (1ª Lei) referindo a descoberta das orbitas elípticas, mas invocando que o astrónomo desconhecia as causas,

“ (...) foi o primeiro que descobriu que os Planetas se moviam em Orbes Elipticos, e não em Círculos perfeitos; mas não pôde asinar a rasaõ Mechanica, porque devia ser assim; (...)”<sup>41</sup>

---

<sup>38</sup> Sarmento, 1737: 21

<sup>39</sup> Ibid.: 20

<sup>40</sup> Ibid.: 24

As demonstrações da 1ª e 3ª Leis de Kepler são depois referidas, para no parágrafo seguinte, Sarmento se deter nos resultados de Newton no Livro III dos “Principia”, mais concretamente: a forma e achatamento da Terra – Proposição 19, Problema 3; e a variação da gravidade com a latitude – Proposição 20, Problema 4. O resultado desse achatamento é abordado na seguinte forma:

“Em quanto á Terra, deixou provado, que o seu Diametro no Equator he 34 milhas mais comprido que nos Polos; e nesta parte a Theorica do nosso Autor se acha confirmada pelo movimento dos Pendulums”<sup>42</sup>

A justificação que Sarmento apresenta é precisamente aquela que Newton admite para as suas preposições, apoiadas nas medições com pêndulos de segundo, que sustentavam na altura, as hipóteses sobre a forma da Terra. O pêndulo de segundo, utilizado, entre outros, por Richer, em Caiena, era um instrumento constituído por uma barra de ferro, na qual se faziam “marcações”, de forma a que o pêndulo levasse um segundo a descrever meia oscilação. Como se veio a confirmar, para que o tempo de meia oscilação se mantivesse constante era necessário, de local para local, alterar o comprimento do pêndulo, indiciando algum factor que levasse a isso.

Com alguma antecedência em relação aos *Principia*, já Huygens tinha pretendido explicar a gravidade<sup>43</sup>, mas a sua adesão aos turbilhões de Descartes, e o conseqüente afastamento do efeito das acções à distância, não permitiram compreender a gravidade de maneira mais próxima da natureza. Na TABELA I mostra-se que até á primeira edição dos *Principia*, a que se deve adicionar a obra de Huygens, as observações eram inconclusivas.

Entre o início da escrita da *Theorica* e a sua conclusão, em 1737, Sarmento ainda não dispunha dos dados das expedições enviadas, pela Academia de Paris, ao Equador em 1735 (Godin, Bouguer e Condamine), e ao Circulo Polar Ártico, em 1736 (Maupertius, Clairaut, Camus, le Mommier e Outhier). Isto quer dizer que a sua indicação sobre os pêndulos teria sido retirada da segunda (1713) ou terceira edição (1726) dos *Principia*, pois na primeira edição Newton apenas apresentou dados referentes a Paris, Gorée e Caiena.

---

<sup>41</sup> Ibid.: 4

<sup>42</sup> Ibid.: 5

<sup>43</sup> Martins, 1989: 154

TABELA I<sup>44</sup>

Nº	ANO	OBSERVADOR	LOCAL	LATITUDE	COMPRIMENTO DO PÊNDULO
					Em linhas parisienses
1	1670	Picard	Paris	48° 50'	440 ½
2	?	(apud Picard)	La Haye	52° 06'	440 ½
3	1670	Mouton	Lyon	45° 45'	438 ¾
4	1670	Mouton	Londres	51° 31'	443 ½
5	1671	Picard	Uranibourg	55° 54'	440 ½
6	1672	Richer	Caiena	4° 56'	439 ¼
7	1674	Picard	Cette	43° 24'	440 ½
8	1674	Picard	Lyon	45° 45'	440 ½
9	1674	De la Hire	Bayonne	43° 29'	440 ½
10	1677	Halley	Santa Helena	-15° 57'	~ 439
11	1679	Roemer	Londres	51° 31'	440 ½
12	1682	Varin, des Hayes, des Glos	Gorée	14° 40'	438 ⅔
13	1682	Varin, des Hayes, des Glos	Guadalupe	16° 0'	438 ½
14	1686	Padres Jesuítas (Fontaney, Thomas)	Sião (Tailândia)	- 14°	438 ½

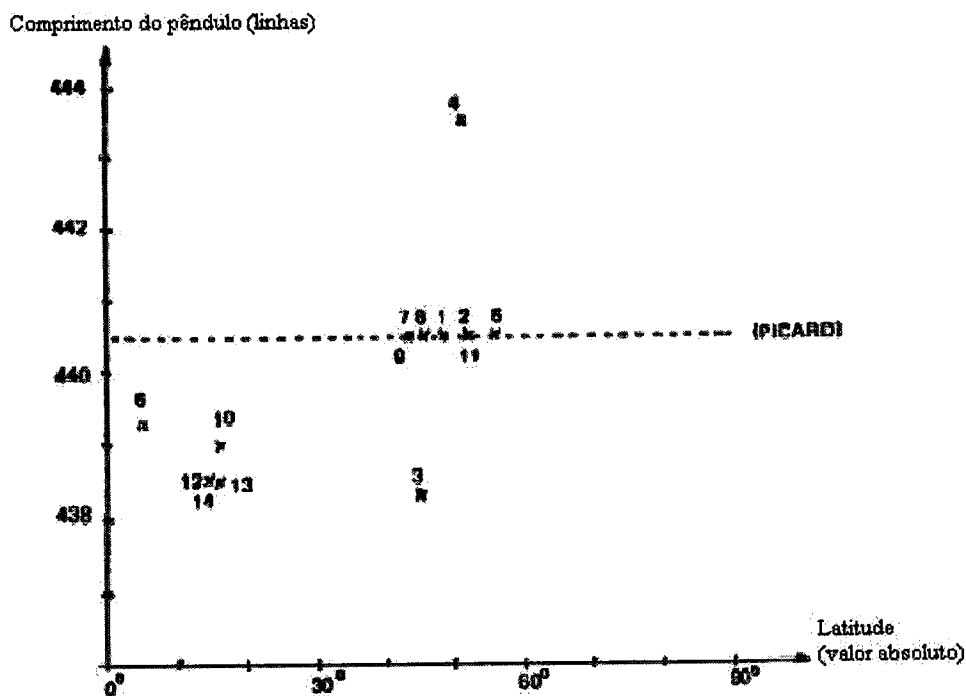


Fig. 5.1- Comprimento do pêndulo em função da latitude medida.<sup>45</sup>

Em relação ao achatamento, quando refere para a Terra, “que o seu Diâmetro no Equator he 34 milhas mais comprido que nos Polos”, Sarmento não terá consultado a última edição dos Principia, pois esta refere uma diferença de 17 1/10 milhas.

<sup>44</sup> adaptada de Martins, 1989: 173- 174

<sup>45</sup> in Martins 1989: 175

Em relação a Júpiter, Sarmento apresenta a relação de comprimentos Equador-Pólos como 10 a 9, no entanto esse valor não é expresso na Preposição XIX do livro III. Newton apresenta valores experimentais a partir de outros autores,

“Cassini no ano 1691 observou que o diâmetro de Júpiter de este a oeste superava em quase uma décimoquinta parte do seu comprimento em relação ao outro diâmetro”<sup>46</sup>

De seguida apresenta os valores, obtidos, por Newton em 1719, “com um telescópio de 123 pés de largura e um bom micrómetro”<sup>47</sup>,

TABELA II<sup>48</sup>

Tempo	Diâmetro	Diâmetro	Relação
Mês Dia Hora	Máximo	Mínimo	mútua
	partes	partes	
Janeiro 28 6	13,40	12,28	Como 12 a 11
Fevereiro 6 7	13,12	12,20	Como $13^{3/4}$ a $12^{3/4}$
Março 9 7	13,12	12,08	Como $12^{2/3}$ a $11^{2/3}$
Abril 9 9	12,32	11,48	Como $14^{1/2}$ a $13^{1/2}$

A outra grande prova do sucesso dos Principia tem a ver com a Precessão dos Equinócios, que tal como Sarmento refere,

“Os Astrónomos Antigos observaram que todos os pontos da Ecliptica estavam continuamente mudando de lugar, de maneira que viriam a completar huma inteira revolução pelos Ceos em 25920 Annos. Do que imaginavam que a Sphera das Estrellas fixas tinha uma vagarosa revolução á roda dos Polos da Ecliptica, que se havia de acabar no sobre dito tempo, a que elles chamam o Anno grande.”<sup>49</sup>

Trata-se neste fenómeno, que Hiparco, no séc II a.c., já tinha observado, da rotação do eixo da Terra, com uma periodicidade de aproximadamente 26 000 anos, o que leva a que de 13 000 em 13 000 anos os meses de Verão se tornem meses de Inverno. Newton apresentou uma explicação para o fenómeno que consiste em distribuir em forma de anel a massa da Lua, pois  $T_{\text{lua}} \lll T_{\text{precessão do eixo}}$ . Como o eixo de rotação da Terra é inclinado perante o plano lunar e a Terra é achatada nos pólos, então o abaulamento do ponto A da figura é submetido a uma força dirigida para a esquerda, enquanto o de B é submetido a uma força gravitacional dirigida para a direita. Ou seja, utilizando a designação actual a Terra está submetida a um binário de forças que lhe faz alterar a

<sup>46</sup> Newton, 1987: 651

<sup>47</sup> Newton, 1987: 651

<sup>48</sup> Newton, 1987: 651 (adaptação nossa)

<sup>49</sup> Sarmento, 1737: 6

direcção do eixo de rotação, como um pião no solo, aquilo que hoje é referido como o efeito giroscópico.

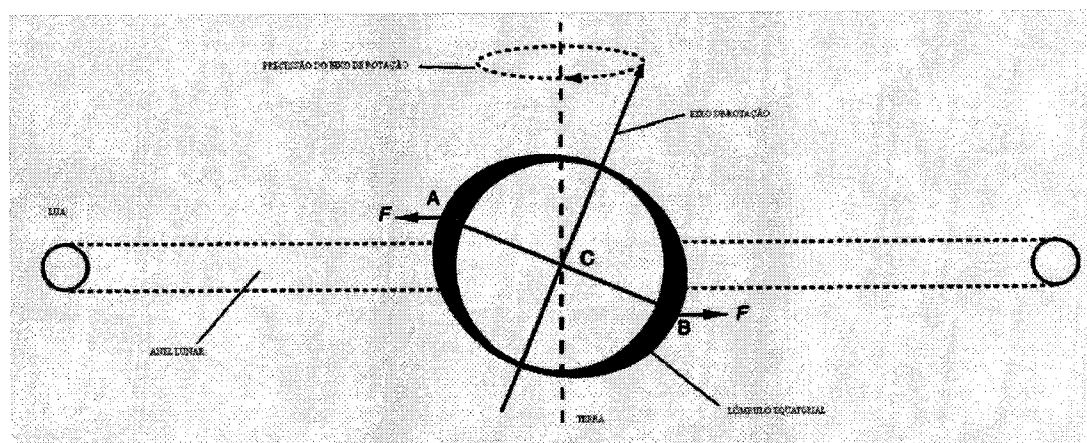


Fig. 5.2- O binário newtoniano, explicando a precessão dos Equinócios<sup>50</sup>

Antes de falar nos fundamentos, mais uma alusão ao trabalho de Halley, nomeadamente ao trabalho “para se descobrir a Longitude pelas observações da Lua”. Na página 8 surgem os fundamentos dos *Principia*,

“Os dous grandes Princípios sobre que se funda esta Immortal Obra sam; a Doutrina das Forças Centraes, e a Rezistencia dos Mediums para os corpos que se movem nelles.”<sup>51</sup>

O nosso autor ao apresentar estes fundamentos está, na realidade, a falar dos conteúdos do livro II – meios que oferecem resistência, como o ar e a água, e do livro III-cosmologia, explicada pela força de interacção gravitacional. Em relação ao fundamento gravitacional, Sarmento apresenta de seguida as forças centrípeta e centrífuga, realçando a grande dificuldade existente para aceitar a interacção gravitacional,

“ (...), que os Secundários de Júpiter, e Saturno pendem, ou tem o seu pendor para os Primarios, e os Primarios para elles; huns e outros, com os Planetas Primários, pendem para o Sol, e o Sol para todos elles, assim Primarios, como Secundarios: E com tudo de huma Theorica tam abstrusa,(...)”<sup>52</sup>

Para explicar o movimento orbital recorre, portanto, à força centrípeta, que é a mesma força “da mesma sorte que os corpos pezados lançados da terra para cima, tornam a pender, e cahir para ella”. Mas em relação à força centrífuga Sarmento diz “que obra em huma direcçam perpendicular a respeito da direcçam da primeira”. Aqui, Sarmento deverá ter confundido este efeito com a direcção do movimento inercial (velocidade

<sup>50</sup> Guicciardini, 2005: 64

<sup>51</sup> Ibid.: 8

<sup>52</sup> Ibid.



tangencial). Em relação ao outro fundamento, os Meios resistentes, Sarmiento opta por não entrar em pormenores,

“E nesta parte sam as suas Demonstrações, como sempre, deduzidas da mais infalível, e profunda Geometria.”<sup>53</sup>

A partir da página 10, apresenta uma justificação filosófica do trabalho de Newton. Em primeiro lugar, procede à remoção do sistema cartesiano,

“(…) que estes Redomoinhos ou Vortices se revolvem á roda do Sol huns em mais, outros em menos tempo, e que cada hum dos Planetas, tendo seu Redomoinho, ou Vortex separado, vay girando á roda do Sol pelo seu movimento.”<sup>54</sup>

Sarmiento critica o “Romance Philosophico” de Descartes referindo a sua facilidade de compreensão, mas não passando por “hum exacto exame Mechanico, e Geometrico, mal podia durar muito”. Refere as bases da “Rezistencia dos Medius” para destronar os vórtices cartesianos. E, antes de falar na universalidade das leis enunciadas por Newton que também explicam o movimento dos cometas, Sarmiento considera que a matemática utilizada nos Principia seria superior às dos Elementos de Euclides, o que poderá indiciar que ouvira falar, ou mostrava alguma compreensão, sobre a teoria das fluxões,

“(…) com a differença porem, de que a Geometria de que o Illustre Newton faz uso para Demonstrar a sua Philosophia, he muito mais superior, e sublime, que a de que Euclides usa na Demonstraçam das suas Prepozicoes (…)”<sup>55</sup>

Tal conhecimento pode ser em parte atestado pelo texto que dedica a “fluxões” na “Gloza dos termos” com que encerra a obra.

## 5.6. A Teoria das Marés

A partir da página 37 do texto, Sarmiento inicia o que se pode considerar como a segunda parte da obra que é integralmente dedicada à explicação newtoniana do fenómeno das marés. O pano de fundo da explicação é a lei da gravitação newtoniana, onde a variação do módulo é inversamente proporcional ao quadrado da distância, factor que é o mais realçado por Sarmiento. Para iniciar a tarefa o autor lança um desafio a si próprio: o de escrever um texto explicativo desta teoria, ainda mais acessível ou *intelligivel*, que os escritos por Newton e por Halley<sup>56</sup>. Para reforçar o sucesso de

---

<sup>53</sup> Sarmiento, 1737: 10

<sup>54</sup> Ibid.

<sup>55</sup> Ibid.: 12

<sup>56</sup> Philosophical Transactions, Nº 226, com o título, *The true Theory of the Tides, extracted from that admired Treatise of Mr. Isaac Newton, Intituled, Philosophiae Naturalis Principia Mathematica; being a Discourse presented with that Book to the late King James, by Mr. Edmund Halley*

Newton nesta teoria, Sarmiento opta por apresentar as aproximações de Kepler a uma teoria das marés. Selecciona, para o efeito, dois textos da obra de Kepler.

“ O sagacissimo Kepler, que foi o primeiro que falou dos Planetas andarem a roda do Sol em orbes Ellipticos, parece foi tambem o primeiro, que imaginou da verdadeira Causa das Marés; a saber da Gravitaçam, ou Attracçam do Sol, e Lua. Na introducçam das Physicas scelestes, nos seus commentarios ao movimento do Planeta Marte, nos diz que «O Orbe do poder attrahente que esta na Lua, se estende ate a Terra, e attrahe as Agoas debaxo da Zona Tórrida, obrando nos lugares a que fica vertical, insensivelmente nos Mares incluzos, ou fechados, e sensivelmente no Oceano, cujas camas sam dilatadas, e donde as Agoas tem liberdade para a reciproçam, a saber de subir, e baxar. »”<sup>57</sup>

Este primeiro é extraído da “Introducçam das Physicas scelestes, nos seus commentarios ao movimento do Planeta Marte”. Pensamos, consultando a nota 3 e 4, ao capítulo XX do *Mysterium Cosmographicum*<sup>58</sup> que Sarmiento se estará a referir à obra *Comentário sobre Marte*, publicado em 1609, e depois resumido no *Epítome de Astronomia*, livro IV. Supomos<sup>59</sup> que Sarmiento tenha extraído o segundo texto da obra, *o Somnium*, que designa por *Astronomia Lunar*, em que Kepler explicou as marés não apenas com base na atracção da Lua, mas na acção conjunta da Lua e do Sol,

“ (...) a Causa das Marés do Mar parece que sam os corpos do Sol, e da Lua, que attrahem as Agoas do Mar.”<sup>60</sup>

No fim da página 38, Sarmiento utiliza um terceiro texto de Kepler, que é utilizado para mostrar por um lado as dificuldades do astrónomo alemão para chegar a uma teoria da gravitação,

“ As verdadeiras Causas, Quantidades, e Direcções dos movimentos dos Apsides, e Nodes dos Planetas, e outras materias desta casta, ficam por Pandectas para a Idade futura, que se naõ poderám entender ate que a Essensia Divina, dispensadora dos tempos, e ocazioes, se sirva de abrir este Livro aos Mortaes » “<sup>61</sup>

Assumindo que este final fica reservado e se “deve aplicar ao Grande Newton”.

Em seguida passa para as definições associadas à gravidade. Num primeiro parágrafo ao considerar que a natureza “obra pela mais simples e singela maneira”, refere, para o efeito, a simplicidade da hipótese newtoniana “pois fazendo uso de huma simples Hypothesis da Gravidade, nos descobre, e declara os mais curiosos, e intrincados

---

<sup>57</sup> Sarmiento, 1737: 38

<sup>58</sup> Kepler, 1994: 196

<sup>59</sup> Koestler, 1989: 232

<sup>60</sup> Sarmiento, 1737: 38

<sup>61</sup> Ibid.: 39

Phaenomena da Natureza”, de que são exemplos os fenómenos das marés. Nos parágrafos seguintes vai então definir as várias forças. Começa por uma definição de gravidade,

“ Gravidade he aquella força, pela qual os corpos pendem para a Terra, ou centro della, e a Ley porque obra he, que a sua força se lhe vay diminuindo, á proporçam que o quadrado da distancia vai crescendo (...)”<sup>62</sup>

Exemplificando de seguida com um caso concreto,

“ (...) se hum corpo estiver duas vezes distante da Terra a respeito de outro, aquelle corpo sera attrahido pela Terra somente com huma quarta parte da força; e se estiver tres vezes distante, entam sera attrahido pela Terra somente com huma nona parte de força; sendo que o quadrado de 2 sam 4, e o quadrado de 3 sam 9.”<sup>63</sup>

As definições seguintes são dedicadas à Força de Atracção e Força da Gravidade, que Sarmiento oscila entre serem uma e duas forças diferentes. Inicialmente considera,

“ que Attraçam e Gravidade expressam aquella mesma força nos corpos, pela qual as partículas da Matéria pendem huma para outra; da mesma forma que os corpos lançados da Terra para cima, pendem, e cahem outra vez para ella (...)”<sup>64</sup>

Mas define depois e em separado as duas forças,

“A força porem, com que o Sol pucha para si os Planetas, e os retem nos seus Orbes, se chama Attraçam; A força que faz descer os corpos pezados para a Terra, se chama Gravidade (...)”<sup>65</sup>

E responsabiliza apenas esta última força como centrípeta. Por último cita a conclusão de Newton para mostrar a unificação das forças,

“ (...) a força, com que os corpos pezados descem para a Terra, e a força com que o Sol atrahe os Planetas, e estes pendem uns para os outros, e para o Sol, observam todas huma, e a mesma Ley, a saber, de hir diminuindo, á proporçam que o quadrado da distancia vay crescendo; bem se segue, que estas forças sam as mesmas, ou para melhor dizer que he so huma, e a mesma força (...)”<sup>66</sup>

Na página 41 começa o miolo do livro, começando o autor por apresentar um conjunto de nove considerandos, de natureza empírica, sobre o fenómeno natural das marés, que serão o ponto de partida para a explicação newtoniana através da lei da gravitação. Esta enumeração de observações ou “Phoenomena das Mares” segue de perto a exposição newtoniana do terceiro livro dos Principia que, logo a seguir às “Regras para pensar em Filosofia”, apresenta um capítulo intitulado “Phoenomena”, expondo os dados

---

<sup>62</sup> Ibid.

<sup>63</sup> Ibid.

<sup>64</sup> Ibid.: 40

<sup>65</sup> Ibid.

<sup>66</sup> Ibid.: 40

observacionais do sistema solar, que são a base de todas as proposições seguintes. Assim, os principais “Phoenomena das Mares” são:

- “ 1. Que temos duas Marés no espaço de tempo de entre vinte e quatro, e vinte e cinco horas.
2. Que o tempo da Maré chea, geralmente succede á roda de tres horas depois do Appulso da Lua no Meridiano, ou acima ou abaixo do Horizonte.
3. Que duas vezes em cada mez sam as Marés mayores, que de ordinário, á roda de tres dias depois da Lua nova, e da Lua chea; e estas Marés se chamam Agoas vivas.
4. Que duas vezes em cada mez sam a Marés mais pequenas, que de ordinario, no meyo tempo entre a Lua Nova, e a Lua chea, que vem a ser nos dous quartos de Lua, minguante, e crescente, e estas Marés se chamam Agoas mortas.
5. Que as duas mayores Marés de todo o Anno succedem, huma, pouco tempo antes do Equinocio Vernal, e a outra, pouco tempo depois do Equinocio Autumnal.
6. Que as Agoas mortas, que se seguem depois destas Agoas vivas, seram as mais pequenas de todo o Anno.
7. Que quando a Lua está no seu Perigæum, sam as Marés mayores, que em outro qualquer tempo nas mesmas circumstancias.
8. Que nos lugares fóra do Equador, sam as Marés alternativamente mayores, e menores; mas no Equador sempre iguaes.
9. Que geralmente a Maré torna a vir mais tarde cada dia, á roda de tres quartos de hora.”<sup>67</sup>

O segundo fenómeno, mostra que Sarmiento segue Newton, pois este na Proposição XXIV, do livro III, dos Principia, ao abordar o atraso das marés, após a passagem da Lua no meridiano, considera que “o mar alcança a altura máxima, coisa que ocorre ao fim de uma ou duas horas ainda que mais frequentemente seja ao fim de três, quando alcance as costas, (...)”<sup>68</sup>

Segue-se, iniciada na página 42, a explicação que assenta em dezoito figuras, numeradas de I a XVIII e inseridas nas Pranchas I e II, apresentadas em anexo nas duas últimas páginas do Livro.

---

<sup>67</sup> Ibid.: 41

<sup>68</sup> Newton, 1987: 661

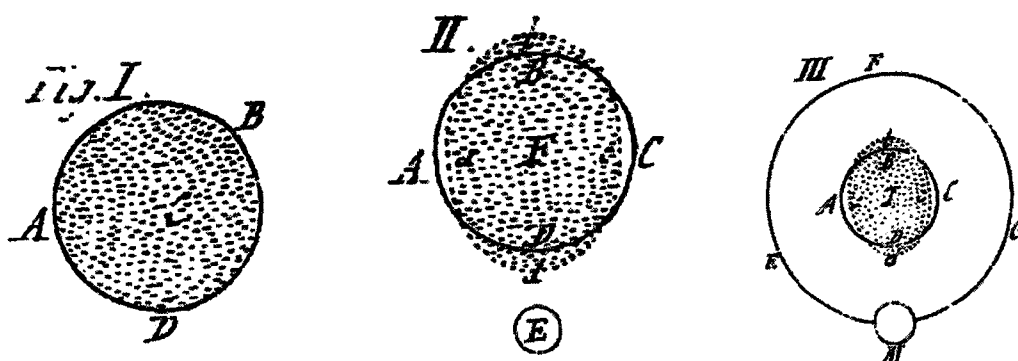


Fig. 5.3 - As figuras I, II e III do anexo.

As primeiras três figuras (fig.5.3) destinam-se a mostrar o que acontece à massa de água que rodeia o planeta com, e sem, a acção da força externa. No comentário à figura I, ele salienta, para a esfericidade

“ (...) serem igualmente atrahidas para o centro C, nenhuma parte de cada superficie pode descer mais que a outra para o mesmo centro; (...)”<sup>69</sup>

A figura II apresenta os dois lóbulos como resultado de um “corpo attrahente em E”, que representa na figura III. Sarmento atribui o lóbulo oposto como consequência da,

“ (...) gravitaçam da Agoa em A, e C, fica menos impedida pela atracçam do corpo E em D, a Agoa em A, e C, achando menos resistencia, descerá do seu lugar para o centro ate a, c, e virá a subir em B, e D, ate b, d;(...)”<sup>70</sup>

Na figura III o corpo celeste passa a ser a Lua e Sarmento referindo, com base nesta imagem, três aspectos: os lóbulos, o ciclo das marés com a Lua parada e apenas a Terra em Rotação. Concluindo:

“ (...) do que se mostra, que viram a suceder duas Marés dentro do tempo de vinte e quatro horas. Este seria o exacto tempo das Marés, (...)”<sup>71</sup>

e o atraso de três quartos de hora, como resultado da rotação da Lua.

O conjunto das três figuras seguintes (figs. 5.4 e 5.5), é destinado a explicar a acção conjunta do Sol e da Lua, considerando as órbitas circulares.

As imagens IV e VI constituem um par destinado a explicar a situação de “Agoas Vivas, a saber em cada Revoluçam da Lua pelo seu Orbe, ou na roda de cada 28 dias”. Sarmento considera para a figura IV a situação de conjunção dos Luminares<sup>72</sup> e para a

<sup>69</sup> Ibid.: 42

<sup>70</sup> Ibid.: 43

<sup>71</sup> Ibid.: 44

<sup>72</sup> Sarmento utiliza esta designação, ao longo do texto, para se referir ao Sol e à Lua.

figura VI a situação de oposição, apresentando uma justificação em que conclui serem idênticas as alturas das águas em D e B, para a oposição e para a conjunção, mas que não reproduz na igual excentricidade dos lóbulos, comparativamente ao diâmetro da Terra,

“ (...) na Fig. VI quando os Luminares estão em oposição, se verá que produzem o mesmo efeito que na Fig. IV pois ainda que a força dos Luminares, com que atraem a Agoa, se não empregue toda na Agoa em D, como na Fig. IV por ficar esta parte debaixo do Sol somente, como a Lua atrai a Agoa na parte oposta da Terra em B, a força com que a Lua diminua a gravidade da Agoa em B, e a força, com que o Sol diminua a gravidade da Agoa em D, tiradas de toda a força com que a Agoa em B e D peza, e pende para o centro, viram a fazer, que a força, com que a mesma Agoa em B e D pende para o mesmo centro, venha a ficar tam diminuida, como quando os Luminares estavam em conjunção na Fig. IV. Do que se segue, que estando, na oposição dos Luminares, Fig. VI. a força, com que a Agoa em B e D pende para o centro, igualmente diminuida, que quando os Luminares estão em conjunção, Fig. IV; a o mesmo tempo que a Agoa em A e C retém em ambos os cazos a mesma força de gravitação, por estar a Lua na mesma distancia de ambos os pontos, que a Agoa virá a descer igualmente de A e C em ambos os cazos, e virá tambem igualmente a subir em D e B em ambos.”<sup>73</sup>

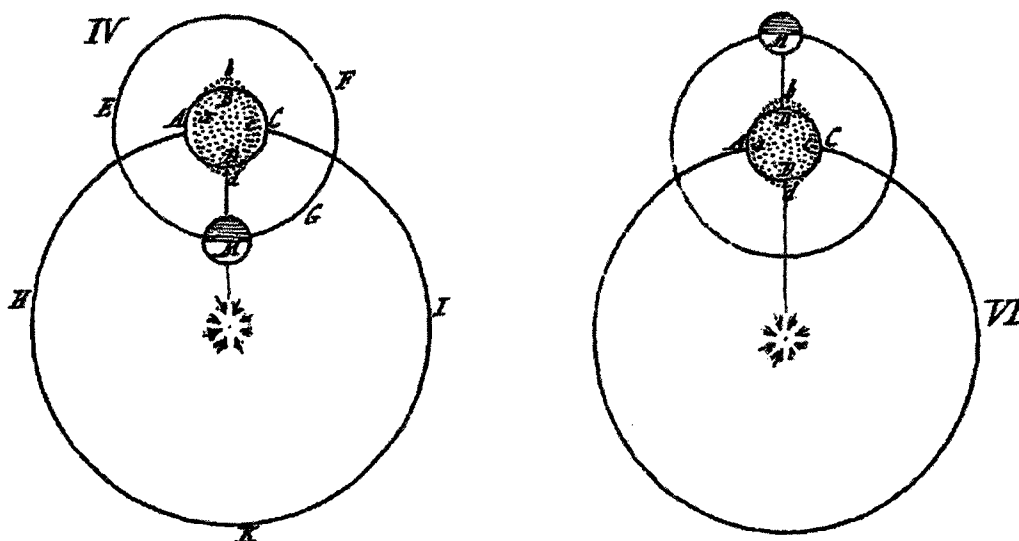


Fig. 5.4- As figuras IV e VI, para os Luminares em linha.

<sup>73</sup> Ibid.: 46

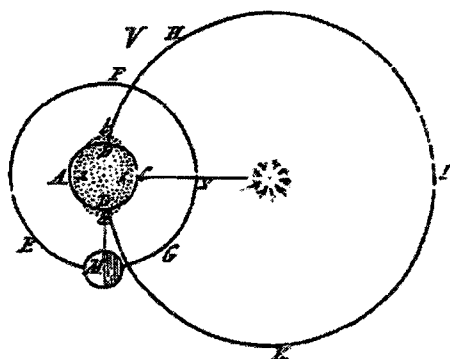


Fig 5.5- A figura V para a quadratura dos Luminares.

A figura V é utilizada, por Sarmiento, para fazer uma primeira abordagem ao conceito de maré como consequência de força gravitacional resultante,

“ (...) mas como ao mesmo tempo, que a Lua está attrahindo a Agoa em D, o Sol está attrahindo a Agoa em C, sendo esta contraria daquella força, impedira que a Agoa suba em tanta quantidade em D, como subiria, se tal atracçam do Sol não houvera; mas como a Lua attrahe a Agoa em D com mayor força, do que a com que o Sol attrahe a Agoa em C, sempre vira a resultar em D a Maré chea (...)”<sup>74</sup>

Como resultado disto Sarmiento considera a maré em D como Água Morta e aproveita para referir, devido ao movimento da Lua, a alternância entre os dois tipos de marés,

“ (...) do que se segue, que as Marés pequenas, ou Agoas mortas, succedem sete dias depois das Marés grandes, ou Agoas vivas.”<sup>75</sup>

Após a utilização de orbitas circulares, lança-se na descrição dos movimentos elípticos,

“ (...) porque o movimento da Terra á roda do Sol, se faz em hum Ellipsis, ficando o Sol em hum dos foci (...)”<sup>76</sup>

Com esta introdução Sarmiento define num só parágrafo os conceitos de Periélio, Afélio, Perigeo e Apogeo, sem antes considerar

“ (...) que a Terra em algumas partes do seu Orbe, deve estar mais perto do Sol do que em outras; e por consequencia, que a força da attracçam do Sol se aumentará, ou diminuirá á proporçam dos quadrados da distancia, em que estiver do Sol a Terra, nas diversas situaçoes, ou partes do seu Orbe.”<sup>77</sup>

Para justificar a distância Terra-Lua recorre a uma interpretação óptica com base no diâmetro aparente do Sol,

---

<sup>74</sup> Ibid.: 48

<sup>75</sup> Ibid.: 48

<sup>76</sup> Ibid.: 49

<sup>77</sup> Ibid.

O autor faz, no entanto, um reparo à sua data considerando que por observação as maiores Águas Vivas não são nessa altura e abre caminho para a importância do factor Latitude do Lugar ou seja da “Declinaçam que tem os mesmos Luminares no Equador”.

A figura IX representa precisamente o oposto à figura VII, estando o Sol no Afélio e a Lua no Apogeu, e logo

“ (...) aqui, o Sol e a Lua estão na maior distancia da Terra, e por consequencia, a summa das suas forças para attrahir a Agoa em K será menor que em quaesquer outras circumstancias, e consequentemente seram as Agoas vivas, as mais pequenas de todas; o que succede á roda dos onze de Junho, como levamos dito.”<sup>80</sup>

Com as figuras VIII e X, Sarmento pretende explicar o efeito de quadratura da Lua, em relação ao Sol, estando a Terra no Afélio e no Perihélio.

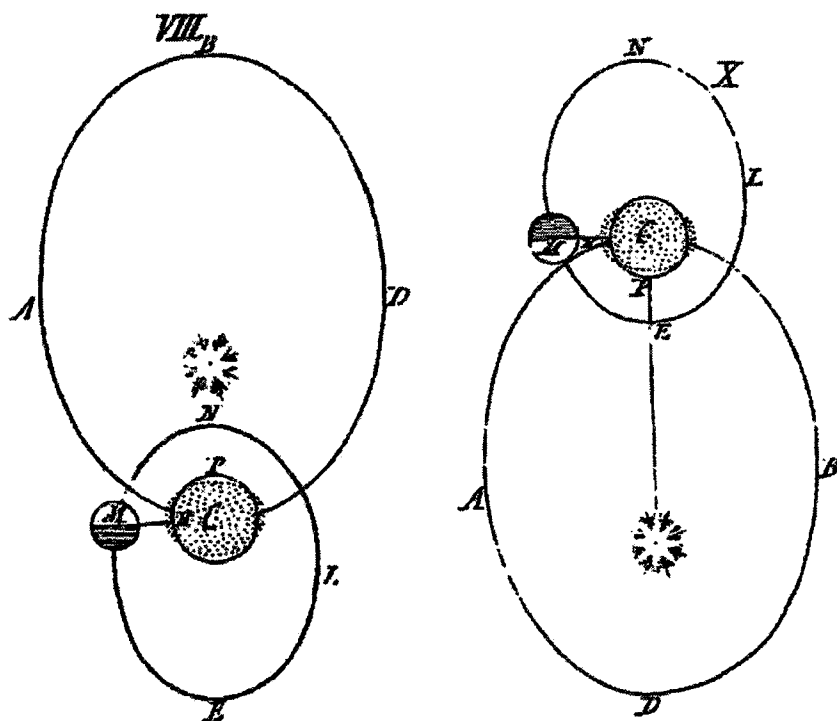


Fig 5.7- Luminares em quadratura, em órbita elíptica.

Para a situação da figura VIII, a do Periélio, considera as marés mais pequenas, do lado da Lua, em H, que também designa como “Agoas mortas”. Para ele a situação deve-se a que,

<sup>80</sup> Ibid.: 53



“ (...) a força deste, diminue em parte a atracçam daquella, esta Maré virá a ser huma das pequenas, ou Agoas mortas; e naõ so assim, mas desta casta a mais pequena de todas;”<sup>81</sup>

Sarmento, especifica melhor a situação com o conceito de atracção resultante, em que para esta figura o Sol devido à sua proximidade não deixaria a Lua exercer toda a sua atracção originando, como consequência, a mais baixa maré. Para a figura X, e em consequência, as “Agoas mortas, sam as deste mesmo tempo as mayores de todas...á roda dos onze de Junho”.

Conclui esta parte da exposição referindo ainda o facto do Perihélio e do Afélio ocorrerem apenas uma vez por ano, o mesmo não acontecendo com a Lua, devido ao seu ciclo mensal, o que o leva a concluir, em relação ao Perigeo desta,

“ (...) que seram alguma cousa mayores as Marés no Perigeon da Lua, do que nos quinze dias antes, ou nos depois desse tempo.”<sup>82</sup>

Com as figuras XI a XIII, Sarmento pretende analisar a questão da latitude do lugar, que designa por “Declinaçam do Equador”. A figura XI é apresentada numa perspectiva extrema, em que a Lua se posiciona parada sobre os dois pólos, N e S,

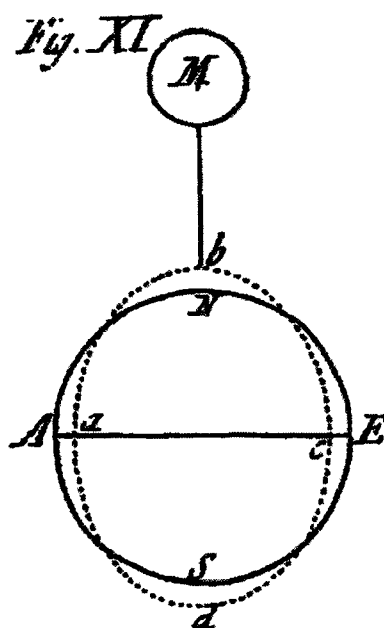


Fig. 5.8 - A figura XI, que inicia a explicação da Declinação.

---

<sup>81</sup> Ibid.: 52

<sup>82</sup> Ibid.: 55

Com esta imagem refere, indirectamente, a importância do movimento da Lua, que concretiza a seguir ao supor esta a movimentar-se paralelamente ao Equador,

“ (...) e como este he um dos mayores círculos da mesma Terra, a reciproçam, ou Fluxo, e Refluxo da Agoa será mayor, do que se a Lua se movesse sobre hum dos círculos mais pequenos da Terra, como principia a fazer em declinando do Equador, (...)”<sup>83</sup>

Para justificar o menor “monte de Agoa” nos Trópicos, Sarmento recorre a uma análise puramente cinemática do espaço percorrido no arco, para o mesmo tempo de percurso,

“ (...) e como o Tropico he hum dos círculos mais pequenos da Sphera, quando se move nelle a Agoa, não se move com tanta pressa, ou velocidade, como quando se movia no círculo mayor, ou no Equador, sendo que gasta o mesmo tempo para passar o Tropico, que para passar o Equador; do que se segue, que quando o monte de Agoa se move no Tropico, não produzirá tam grande reciproçam, ou Fluxo, e Refluxo no Mar, como quando se move no Equador; pois sendo a quantidade de Agoa, que se poem em movimento, em hum, e outro caso, a mesma, crecerám os seus effeitos á proporçam que crecer a celeridade, velocidade, ou pressa do seu movimento. “<sup>84</sup>

Sarmento reforça a sua tese equatorial, de um maior lóbulo nesta posição geográfica, referindo ainda o factor forma da Terra, confirmada pelos *Pendulums*, como justificativo para a maior intensidade,

“ Mais; como o Diametro da Terra no Equador, he mais comprido do que nos Polos, ocasionado da rotaçam da Terra no seu Axis, a Spherode de Agoa quando o seu mais comprido Axis passa pelo Diametro Equatorial da Terra, será mais comprida, do que quando o seu mais comprido Diametro está em outro qualquer sitio; do que se segue, que os dous montes, ou eminencias de Agoa, que sahem para fóra, huma no lugar a donde está no Zenith, e a outra no ponto da Terra da parte, que lhe fica opposta, serám agora as mais altas, e por consequência subirám muito mais altas nas prayas adonde chegam. E se a figura da Terra, pela sua rotaçam diurna, em lugar da de Sphera, toma a figura de spherode, como se acha demonstrado pela Filosofia do nosso incomparavel Autor, e confirmado pelo movimento de Pendulums; assim como as partes solidas da Terra lançadas para o Equador com mais força, lhe mudam a figura de spherode em spherode, as partes fluidas do Globo, que cedem á menor força, seram tambem lançadas para o Equador; e por consequencia, quando os Luminares se movem no Equador, e a sua força attractiva conspira para trazer as Agoas a formar a mesma spherode, em que se formariam pela rotaçam no Axis, virá a crescer muito mais a altura das Marés. “<sup>85</sup>

---

<sup>83</sup> Ibid.: 56

<sup>84</sup> Ibid.: 57

<sup>85</sup> Ibid.

Antes de expressar graficamente a ideia anterior através da figura XII, exemplifica esta mecânica com recurso ao que se passa com a água num balde em rotação (é provavelmente a memória da experiência do apresentada por Newton no Escólio dos Principia),

“ Se se encher hum vazo de Agoa, e o vazo estiver quieto, se formará a Agoa em huma superfície plana; mas se se imprimir hum movimento vertiginoso no vazo, a Agoa perderá logo a figura plana que antes tinha, e subirá mais alta nos lados, por ficar ali mais distante do Áxis do movimento, e abaxará mais no meyo, ou no centro, por ser este o ponto pelo qual se suppoem passar o Áxis, em que se faz o movimento vertiginoso.”<sup>86</sup>

A figura XII é utilizada apenas para representar o “balde” Terra, apresentando agora o Equador na vertical,

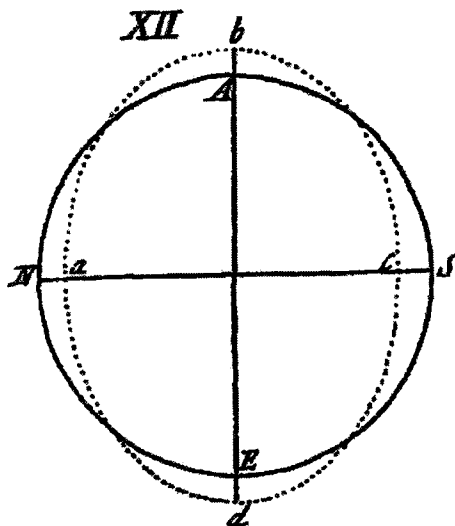


Fig. 5.9- A figura XII a mostrar o lóbulo no Equador.

A figura XIII destina-se a apresentar o efeito do Sol sobre o Equador. Sarmento refere também a importância da rotação da Terra sobre o seu eixo como forma de aumentar as marés na zona equatorial.

---

<sup>86</sup> Ibid.: 58

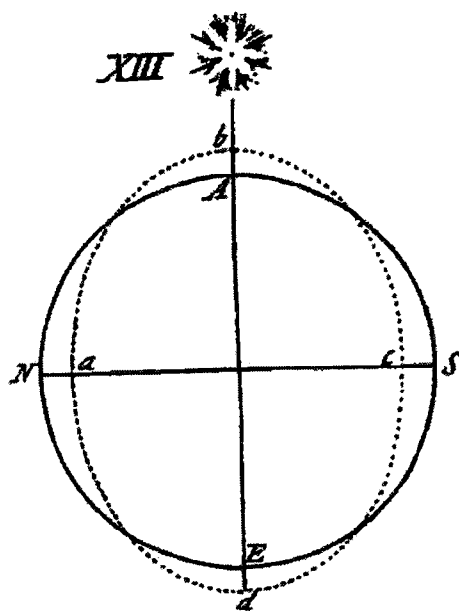


Fig. 5.10- Fig. XIII

Antes de Sarmiento regressar à figura VII, para analisar o efeito conjunto da declinação e da proximidade ao “Perihélio”, ele faz um resumo dos principais factores analisados, que influem na determinação das marés.

“ De todo o referido se segue, que para investigar o tempo, em que devem succeder as mayores Marés, devemos unir, conhecer, e suppor duas Causas; a saber; a Declinaçam dos Luminares do Equador, e a visinhança da Terra ao Perihelion. Se a força dos Luminares, para produzir as Marés, fosse a mesma em qualquer parte dos seus Orbes, em tal caso, succederiam as mayores Marés nos Equinocios; pois como já mostrámos, quando os luminares se movem no Equador, he mayor a agitaçam das Agoas, do que quando fora delle. E pelo contrario, se a força dos Luminares, para produzir as Marés, fosse a mesma quando se movem no Equador, que quando estam declinados delle, em tal caso, succederiam as mayores Marés no Perihelion da Terra; pois como ja dicemos, nestas circumstancias he a attracçam dos Luminares muito mayor, que em quaes quer outras.”<sup>87</sup>

A figura VII (fig. 5.6.) volta, então, a ser utilizada porque possui três pontos auxiliares de grande importância, os pontos P, G e T. Os primeiros dois inserem-se no arco CA, correspondente ao aumento da distância ao Sol e à aproximação ao paralelismo deste com o Equador. Com isto Sarmiento questiona a data prevista para as maiores marés,

---

<sup>87</sup> Ibid.: 61

“ E ainda que a Terra se aparte do Perihelion C á roda dos onze de Dezembro, e á roda dos dez de Março chegará a A, ou a o Equinocio Vernal, como realmente faz, em todo esse tempo se verá que o Sol se vay chegando para o Equador, e consequentemente a sua Declinaçam do Equador irá continuamente diminuindo.”<sup>88</sup>

Depois de considerar o ponto G da orbita para o qual “na aproximaçam para o Equador ganhar mais força, do que perde no recesso que faz da Terra”, Sarmento indica a altura mais previsível para Aguas Vivas com base na experiência,

“ (...) e por experiencia achamos, que as mayores Agoas Vivas succedem alguma cousa antes do Equinocio Vernal, a saber, no mez de Fevreyro, quando a Terra terá passado duas partes em tres da distancia CA, entre o Perihelion, e o Equinocio Vernal, e se achar no seu Orbe em P.”<sup>89</sup>

Seguindo a órbita, refere o ponto B onde a distância ao Sol é maior e logo “as Agoas Vivas serem as mais pequenas de todas”. A continuação da análise reporta-se de seguida ao troço DC.

“Mas como des de doze de Setembro, em que a Terra deixa o Equinocio Autumnal D, ate á roda dos doze de Dezembro, em que entra no ponto Perihelion C, e faz o Solsticio Hiberno, descreve a parte do seu Orbe DC, e todo esse tempo se vay aproximando para o Sol, crescendo neste a força attractiva, todo o tempo que para elle se vay chegando a Terra, poderá haver hum ponto intermediato no Orbe entre D, e C, a saber T, adonde o Sol ganhe mais força para levantar as Marés, pela aproximaçam da Terra a o Perihelion C, do que perde pela sua Declinaçam do Equador: Donde vem, que quando a Terra está na parte do seu Orbe T, serem mais altas as Marés, do que quando está no Equinocio D; porem depois que a Terra deixa o ponto T, e vay avançando para o Perihelion C, se vay continuamente diminuindo a força, com que o Sol levanta as Marés, por perder mais no mayor recesso, e Declinaçam do Equador D, do que ganha pela mayor aproximaçam a o Perihelion C.”<sup>90</sup>

Sarmento, refere ainda para este arco que as maiores Aguas Vivas succedem em Outubro e que devido à “conspiraçam das duas causas” o ponto T correspondente estará em um terço do arco, no sentido de D para C. Analisa ainda, para esta figura, a situação oposta a das marés mais baixas de todas, concluindo que “estando a Lua nos seus Quartos, e mais distante do Equador do que o Sol, não só fará as Marés mais pequenas, ou Agoas mortas, mas que neste cazo serem as Agoas mortas mais pequenas de todo o Anno”.

---

<sup>88</sup> Ibid.: 63

<sup>89</sup> Ibid.: 64

<sup>90</sup> Ibid.: 65

Com a figura XIV, Sarmiento inicia um novo ciclo de explicação pretendendo agora o atraso das marés. Nesta figura apresenta-se a Lua a viajar de frente a um ponto em estudo cuja maré, por inércia, continua a formar-se mesmo depois da passagem do Luminar.

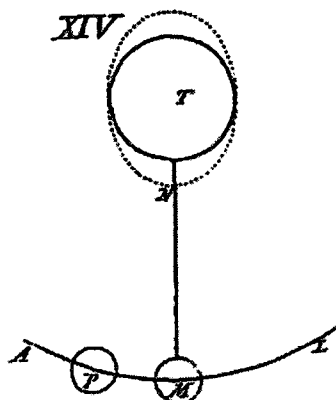


Fig. 5.11 - Fig XIV, para a abordagem da explicação do atraso.

Para o efeito Sarmiento enuncia a 1ª Lei de Newton,

“ Todos os Corpos perseveram no seu estado de quietaçam, ou movimento, ate que alguma outra força os impede, e faz mudar de estado.”<sup>91</sup>

E aplica esta lei à inércia dos mares, para não produzir a maré cheia, quando a Lua não está exactamente por cima,

“ (...) e sendo que a força, que a Lua imprimio na Agoa em N, quando estava em M, se não destruiu immediatamente enquanto vay passando no seu Orbe ate P, mas antes se augmeotou por aquella força, com que conserva o hir attrahindo a Agoa em N, todo o tempo que se move no seu Orbe des de M ate P, fará que a Agoa vá ainda continuando a subir em N, e assim virá nesse tempo a fazer ali a Maré mais alta, ou chea, do que quando estava sobre o Meridiano em MN, ainda que já o tenha passado. Do que se segue, que a Maré chea succederá algum tempo depois do Appulso dos Luminares a o Meridiano; a saber, huma ou duas horas, mas mais frequentemente passadas tres horas, junto das prayas, e ainda mais, adonde os Máres não sam fundos (...) ”<sup>92</sup>

---

<sup>91</sup> Ibid.: 68

<sup>92</sup> Ibid.

O passo seguinte destina-se a explicar o atraso diário ocorrido nas marés. Ainda na página 69 Sarmiento começa por ligar a explicação ao tema da figura anterior, ou seja, a inércia das águas,

“ Pois ainda que na conjunçam, a conspirante força do Sol, e Lua he mayor que em qualquer outro dia, com tudo, como a Agoa retem parte da força impressa na conjunçam, acrescenta esta á força com que a Agoa he attrahida no seguinte dia pelo Sol, e Lua, a o passarem pelo Meridiano, poderám compor huma força, que exceda a quella, com que o Sol e Lua attrahiam as Agoas no tempo da conjunçam, e consequentemente o dia depois da conjunçam poderá a Maré ser mais alta, do que no da conjunçam mesma: E com effeito, por experiencia se acha que as mayores Marés depois da conjunçam, succedem no terceiro dia seguinte, e em alguns Estreitos, e bocas de Rios, não succedem senaõ no quarto, ou quinto dia depois da conjunçam.”<sup>93</sup>

Exemplificando com a situação dos dois Luminares estarem num determinado dia em conjunção, Sarmiento alega que o atraso de três quartos de hora se deve ao movimento da Lua em redor da Terra, pois “o Sol vem cada dia a o mesmo Meridiano, á o mesmo tempo”. Conclui também que a maré do dia seguinte, não será, como esperado, menor, mas devido à inércia das águas adicionada às forças aplicadas desse dia produzirá, afinal, uma maré ainda maior. A figura XV destina-se a explicar geometricamente esse atraso, que Sarmiento apresenta com alguma elegância.

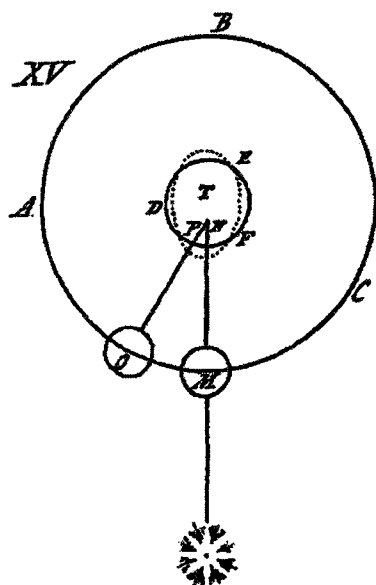


Fig. 5.12- A figura XV.

<sup>93</sup> Ibid.: 69

Em relação a ela refere o período de 28 dias da Lua em redor da Terra, na órbita ABC, e então mantendo o Sol “fixo” indica que, para essa mesma posição do Sol, passado um dia, já vamos encontrar a Lua em O, que corresponde na Terra a P, onde ocorrerá maré cheia. Sarmento recorre depois á identidade dos ângulos varridos para obter um valor aproximado para o atraso,

“ (...) do que se segue, que antes que venha a ser maré chea em N, deve este ponto da Terra ter chegado a P, pela Rotaçam diurna, e em chegando a este sitio, lhe ficará a Lua sobre o Meridiano. E como o Arco OM, he a roda de  $1/28$  parte do Orbe ABC, o Arco PN será á roda de  $1/28$  parte do circulo da Terra DEF, e o ponto N fazendo a sua Revoluçam em 24 horas, na volta de  $1/28$  parte de 24 horas, que será na volta de 51 minutos, passará de M para P, e tanto mais tarde virá a Maré seguinte, do que havia vindo no dia precedente.”<sup>94</sup>

Sarmento considera ainda haver outras causas que possam “determinar com toda a exactidam o intervalo de tempo que há de huma a outra Maré, ou entre a sua reciproçam”.

Com a figura XVI, Sarmento entra no último grupo de três figuras sobre as marés, existentes no anexo, atribuindo a estas as particularidades mais difíceis. Nesta figura pretende demonstrar que “sobe a Agoa e o mesmo tempo tambem nos Antípodas”, mas antecipadamente adverte o leitor “que este Phænomenon das Marés, he hum dos mais difficultosos de perceberse com clareza, de toda esta *Theorica*”. A figura é do mesmo género que a utilizada por Newton<sup>95</sup> nos *Principia*, mas esta dispõe de quatro canais a cruzarem-se no centro,

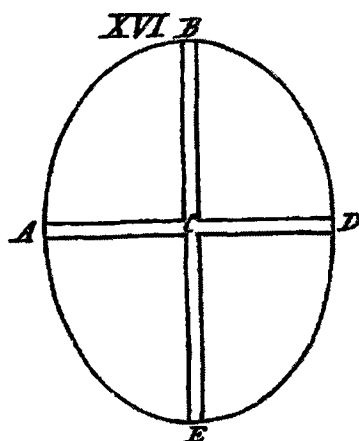


Fig. 5.13- Os canais newtonianos na figura XVI

---

<sup>94</sup> Ibid.: 72

<sup>95</sup> In Newton, 1987: 648 e 653



Baseando-se “nas Leys Hydrostaticas”, quando existe água nos canais esta ficará, em cada um deles à mesma altura, devido a idêntica atracção gravitacional. No entanto se, por exemplo, a água no canal BC, sofrer a atracção gravitacional de um Luminar situado por cima de B, a força atractiva para o centro C é diminuída. Então, tal como num sistema de vasos comunicantes, a água dos canais AC e DC vai descer devido à sua maior atracção, o que, por compressão, levará a que a água em BC suba, ficando em equilíbrio com a água dos outros canais, como acontece com um líquido menos denso, por cima do mais denso, nos vasos comunicantes. Para o canal EC, associado ao lóbulo oposto, Sarmiento recorre também à compressão provocada pela água dos canais perpendiculares ao principal BE,

“ (...) sendo a Agoa em A e D, mais poderosamente attrahida pelo Sol, e Lua, do que a Agoa em E, e não sendo em direcçam contraria esta attracçam ou força, fará o Agoa em A e D tanto mais pezada, e sendo mais pezada, hira cahindo para o centro C, ate que tenha subido a Agoa no canal CE a huma altura capax de comprimir, e fazer outra tanta força para o mesmo centro.”<sup>96</sup>

Na página seguinte, relembando Newton e o seu trabalho na explicação do fenómeno das marés, apresenta já uma explicação recorrendo à divisão da Terra em dois hemisférios, o AED e o ABD. Para explicar o lóbulo oposto, em E, provocado pela Lua ou Sol, em B, utiliza somente a gravitação,

“ (...) e como todos os corpos ligeiros cedem, e dão lugar a os que sam mais pezados, a parte de Agoa E, que tem menos gravidade, se afastará do centro C, e as mais se iram chegando a o mesmo centro, por terem mayor gravidade, e mais força para isso. “<sup>97</sup>

Na página 76 o médico português faz o segundo resumo. Assenta este em quatro pontos: a diferença de forças gravíticas em conjunção e quadratura e as consequentes *Agoas vivas e Agoas mortas*; a Declinação do Equador e os consequentes atrasos anuais nas marés; os atrasos das marés nos meridianos como consequência da inércia das águas; o atraso diário, de  $\frac{3}{4}$  de hora como consequência do movimento de rotação da Lua. Avança para as duas ultimas figuras do anexo ao dizer que “restanos somente explicar, a alteraçam que fazem nas Marés, as differentes Latitudes de differentes lugares; e o porque as Marés sam alternativamente mayores e menores”. Para o primeiro propósito recorre à figura XVII: uma representação essencialmente auxiliar que mostra a Terra

---

<sup>96</sup> Sarmiento, 1737: 74

<sup>97</sup> Ibid.: 75

sólida,  $ABCD$ , rodeada por uma massa de água, concêntrica,  $abcd$ , comidêntica altura, em qualquer ponto. A figura principal é, para estas explicações, a figura XVIII. Uma imagem relativamente complexa quando comparada com as anteriores, sendo similar à que Newton utilizou nos *Principia*<sup>98</sup> e no *Sistema do Mundo*<sup>99</sup> e Halley utilizou no seu discurso publicado nas *Philosophical Transactions*<sup>100</sup>

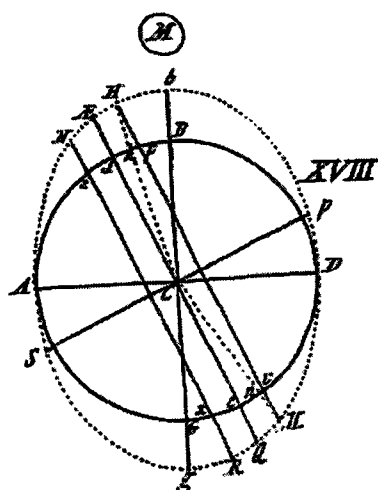


Fig. 5.14 - A figura XVIII.

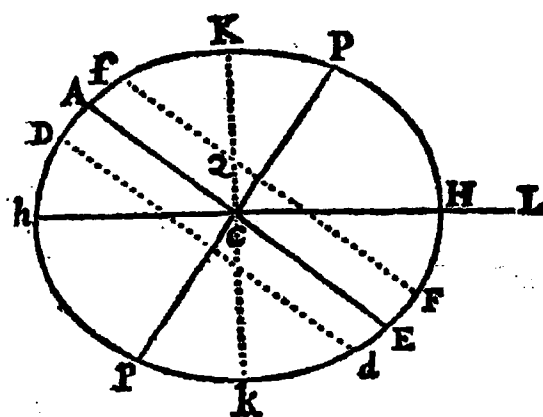


Fig 5.15 - Imagem utilizada por Newton e Halley.

Sarmento explora a geometria desta figura e ao longo de seis páginas apresenta um conjunto de seis conclusões sobre as marés em função da latitude do lugar:

1. a primeira conclusão permite verificar que acima do Equador  $\text{Æ C Q}$ , as águas não têm a mesma altura que no Equador, por exemplo  $\text{Æd} < \text{Hk}$ ,

<sup>98</sup> Newton, 1987: 663

<sup>99</sup> Newton, 1983: 82

<sup>100</sup> Halley e Newton, 1695/1697: 453

dependentes de um conjunto variado de fenómenos associados aos três corpos até agora envolvidos: Terra, Lua e Sol. A partir da página 83 começa essa nova fase da explicação inserindo duas novas figuras no corpo do texto, que designa por figuras XIX e XX. A figura XIX, pode-se considerar introdutória relativamente à XX,

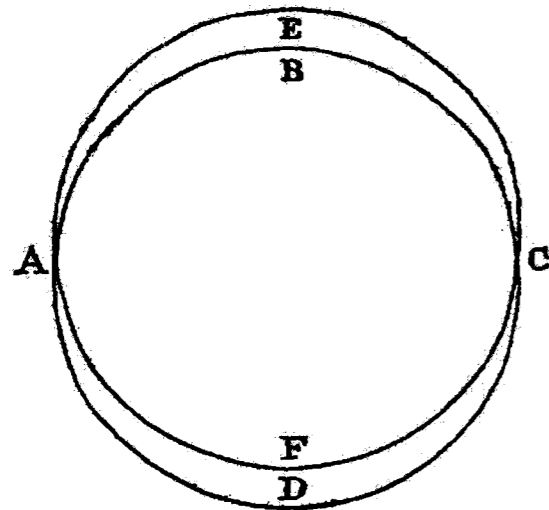


Fig 5.16 - Figura XIX da *Theorica*.

Nela pretende representar a eclíptica e a órbita da Lua intersectadas, pelos nodos A e C. Considera, para esta figura, que o Sol ao fazer o

“ (...) seu movimento aparente na Ecliptica, pode ficar distante do Equador 23°, e 30°, e isto succederá, quando estiver na quelles pontos do Ecliptica, que ficam na mayor distancia dos Equinocios, que vem a ser no principio de Câncer, nos Signos Septentrionaes, e no principio de Capricornio, entre os Signos Meriodionaes.”<sup>103</sup>

Com esta figura refere a importância dos Nodos, o ascendente A e o descendente C, que estão em contínuo movimento, originando um rotação completa cada dezanove anos, o que leva a que o Nodo A venha a passar pelo Equinócio Vernal, precisamente, uma vez em cada dezanove anos e se ao mesmo tempo estiver o Sol nos Solstícios acontecerá a maior diferença entre marés alternadas.

A figura XX é mais complexa, envolvendo três linhas.

<sup>103</sup> Ibid.: 84

2. por consequência “seguesse que nos habitantes da Terra no Equador, será a alternaçam das Marés sempre igual”, pois  $\text{Æd}$  após a semi-rotação diária coincide com Qc.
3. para os habitantes fora do Equador, a rotação da Terra leva a duas marés diárias alternativamente altas e baixas.
4. a quarta conclusão tem a ver com a posição dos Luminares em relação ao horizonte,

“ (...) quando estiverem sobre o Meridiano abaxo de Horizonte; do Appulso dos Luminares a o Meridiano, acima do Horizonte se seguirá a mayor Maré; porem, pelo contrario, se quando os Luminares estiverem abaxo do Horizonte, ficarem mais perto do Nadir de qualquer lugar, do que do seu Zenith, quando acima do Horizonte, entam se siguire a mais pequena Maré a o Appulso dosLuminares a o Meridiano acima do Horizonte.”<sup>101</sup>

5. na quinta conclusão Sarmento analisa as posições dos dois Luminares, no mesmo meridiano, quando estão ambos acima do horizonte, mais concretamente nos seis meses de Verão em que isso acontece, verificando que quando estão mais próximos do *Zenith* a maré será a maior desse período, enquanto na maior aproximação ao *Nadir* a maré será a menor.
6. a última conclusão desta figura leva-o à situação complementar,

“ (...) quando os Luminares estam no Meridiano entre x, e e, abaxo do Horizonte AD, ficam mais perto do Nadir G, do que ficam do Zenith B, quando estam acima do Horizonte AD, no Meridiano entre z, e d; do que se segue, que todo o tempo que o Sol está na Declinaçam do Sul, para os que estam na Latitude do Norte, aquella será a Maré mais pequena, que segue o Appulfo dos Luminares a o Meridiano acima do Horizonte; sendo que esta mesma Maré era a mayor, em quanto os Luminares estavam no Signos Septentrionaes da Ecliptica; e a que era a mais pequena, será agora a mayor, quando os Luminares tiverem passado o Meridiano abaxo do Horizonte.”<sup>102</sup>

Sarmento exemplifica com um registo da costa inglesa: a “diferença sommente de 15 polegadas em Bristol, e com a de 12 em Plymouth, conforme as observações de Mr. Coleprefs, e do Capitam Sturmy”.

Após apresentar a teoria newtoniana das marés, com o apoio das dezoito figuras inseridas nas duas pranchas do final do livro, Sarmento inicia uma das tarefas mais ingratas da sua explicação: a das situações especiais que ocorrem aperiodicamente,

<sup>101</sup> Sarmento, 1737: 81

<sup>102</sup> Ibid.: 82

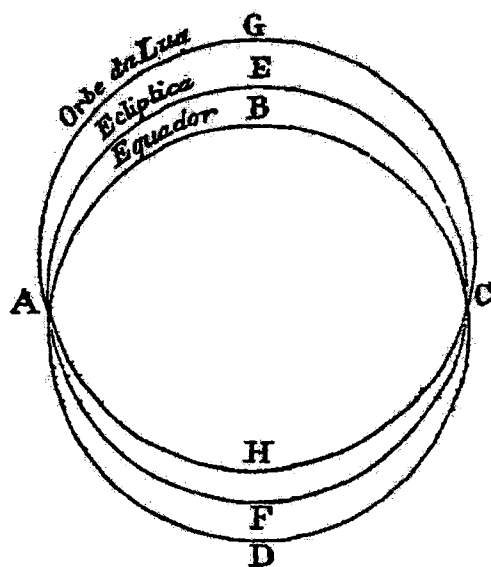


Fig. 5.17 - Figura XX.

Como mostra a imagem, para além das circunferências da órbita da Lua e da Eclíptica, Sarmento adiciona-lhe uma circunferência paralela ao Equador, uma representação que nos parece ser difícil de interpretar. Nesta figura os Nodos representam os Equinócios, sendo A o *Vernal* e simultaneamente o Nodo ascendente da órbita da Lua. Ainda que o objectivo seja a explicação das situações extremas das marés entre um lugar e o seu antípoda, o recurso a esta figura para um não especialista é de facto difícil, como o nosso autor mostra, quando pretende uma interpretação em que estão envolvidos os ângulos entre os vários planos,

“ Estando a Terra em E no Solstício Estivo, virá a ficar  $23^{\circ}, 30'$ , vinte e tres grãos, e trinta minutos elevada acima do Equador ABCD, que he a mayor Declinaçam do Sol; e como o caminho, ou Orbe da Lua AGCH, fica elevado em G acima da Ecliptica AECF, a roda de  $5^{\circ} 18'$  cinco grãos, e dezoito minutos, que he a sua mayor Latitude, ou distancia da Ecliptica, virá a ficar em mayor distancia do Equador ABCD, do que o Sol; e não so assim, mas na sua mayor distancia do Equador; porquanto, se o Node ascendente A, estivesse mais perto de B, entam a parte do orbe da Lua em G não ficaria em tam grande altura acima de B, mas antes a tal altura hiria continuamente diminuindo, conforme o Node A se fosse chegando para B, e quando o Node coincide com B, ou fica no mesmo lugar, entam o caminho, ou Orbe da Lua coincide, e fica no mesmo ponto com o Equador.”<sup>104</sup>

<sup>104</sup> Ibid.: 88

Antes de apresentar a conclusão sobre porque é maior a diferença entre as marés “estando o Node ascendente do Orbe da Lua em A, que he o Equinocio Vernal, a Terra no Trópico do Norte, ou Solsticio Efectivo em E, e a Lua no seu Orbe em G”, Sarmiento parece desistir dela e recorre novamente à figura XVIII, apresentando um conjunto de seis *observações*, que na realidade são uma soma de três interpretações imediatas com base na gravitação:

1. Observação 1 – Se os Luminares estiverem no Zenith do lugar, neste haverá as maiores marés;
2. Observação 2- Como consequência da observação 1, no Nadir desse lugar também as marés serão as maiores;
3. Observação 3- Do Zenith do lugar até 90° deste, a intensidade das marés vai diminuindo, para os Luminares no mesmo meridiano.

Às quais adiciona mais três, em que recorre aos arcos dos lóbulos da fig. XVIII:

4. Observação 4- Os Luminares em qualquer parte do Equador, em termos de arco do meridiano, ficarão a igual distância do Zenith e do Nadir, ou seja que o arco  $b\text{Æ}$  é igual ao arco  $gQ$ , sendo  $\text{ÆQ}$  o Equador,  $b$  o Zenith do lugar,  $g$  o seu Nadir e  $AD$  a linha do Horizonte.
5. Observação 5- Os Luminares em Declinação Norte, no mesmo meridiano, ficam mais perto do Zenith de qualquer lugar, do que do correspondente Nadir, quando estão no Meridiano abaixo do Horizonte, isto é, na figura XVIII, no trópico  $HM$ , o arco  $bH$  é menor que o arco  $gM$ .
6. - Observação 6- É uma generalização do concluído na 5, ou seja ,

“ Que quanto mayor for a Declinaçam, que os Luminares tem do Equador, tanto mais perto viram a estar do Zenith de qualquer lugar, quando estiverem no Meridiano acima do Horizonte; mas, pelo contrario, tanto mais distantes viram a ficar do Nadir de qualquer lugar, quando estiverem no Meridiano abaxo do Horizonte: o que se faz demonstravel, e evidente, se na mesma Figura:

Em lugar de suppor que os Luminares, quando no Meridiano, estão em  $H$ , supuzermos, que estão em algum ponto intermediato entre  $b$ , e  $H$ , (...)”<sup>105</sup>

---

<sup>105</sup> Ibid.: 91

Nas páginas 91 e 92, Sarmento faz a demonstração que o arco produzido por qualquer ponto entre o Zenith b e H é menor do que o produzido por qualquer ponto entre MD, relativamente ao Nadir g e no meridiano abaixo do Horizonte. Munido pelas observações 3, 5 e 6 conclui, relativamente à Lua que a Maré será a “mayor Maré de todas”, se aquela estiver acima do Horizonte, entre b e H, a que corresponderá, entre M e D, a “Maré mais pequena”.

Após esta demonstração, para as situações de maior amplitude, Sarmento vai ainda analisar as últimas particularidades, associadas a acidentes geográficos e dinâmica do leito dos Oceanos. Começa por abordar as marés na foz dos rios e reconhece que devido à velocidade e forças das correntes destes é difícil aplicar-se a “Theorica Geral”, pois

“ (...) quando as Marés, ou Agoas do Mar vam entrando, as vam rebatendo; e tanto mais acima dos Rios vam subindo, tanta mais força vam perdendo; e por consequencia tanto menos tempo vam durando. Donde vem, que o refluxo dura mais tempo, que o influxo das Agoas, especialmente pelos Rios acima em bastante distancia.”<sup>106</sup>

Seguidamente aborda “a grandeza dos Mares”, onde Sarmento discorre sobre a inércia das águas nos grandes oceanos, as ilhas no meio destes, a profundidade das praias, os canais de acesso a um local, e outros casos. Para essas situações considera:

- onde o mar é estreito, são as marés mais pequenas, como é o caso da zona “entre a Africa, e América”, e no “Mar Ethiopico” em que a causa se deve a que “para levantar huma Maré inteiramente chea, se necessita huma extençam de Mar, não menos que de 90 grãos”.
- nalgumas ilhas no meio do oceano, a amplitude das marés é baixa, estabelecendo Sarmento, para a explicação, um paralelismo entre as ilhas e um ponto central no meio de um recipiente com a água em agitação (oceano). Em contrapartida “nas prayas de grandes continentes, sam as Marés tres e quatro vezes mayores”, enquanto nessas praias não “sobem as Marés mais de dous ou tres pez”.
- nas praias oceânicas, de menor fundura, o aumento e abaixamento das águas é relativamente violento e, “nem esta força do influxo, e efluxo se deixa quebrar, ate que tenha levantado, ou abaxado as Agoas 30, 40, ou 50 pés ou mais”. Para as praias de maior fundura “as Agoas podem livremente subir, e baxar, sem aquella precipitaçam de influxo, e efluxo, se ajusta a proporçam das marés com as forças

---

<sup>106</sup> Ibid.: 93

do Sol, e Lua”. O nosso autor exemplifica ainda com vários lugares de Inglaterra, França e Índias Orientais.

- nos estreitos, que exemplifica com o “de Magellanica” e nos canais que circundam Inglaterra são igualmente violentos o influxo e refluxo das águas, não atribuindo especificamente qualquer explicação, apenas comparando a violência com a das praias de baixa profundidade.

Nas duas explicações seguintes, Sarmiento recorre a dados oriundos da obra de Newton:

- para referir a importância dos ventos, introduz primeiramente os resultados obtidos pelo “Presidente do Mundo Philosophico” para a força de atracção da Lua e do Sol,

“ (...) por meyo desta calculaçam achou, que se a Terra estivesse toda cuberta de Agoa em grande fundura, em tal caso a Lua a faria subir a altura de 8 pés e  $7 \frac{5}{56}$  polegadas, e o Sol a faria subir somente a altura de I pé II polegadas, e I/10 parte de uma polegada, e que ambas as suas forças juntas a fariam subir a altura de  $10 \frac{1}{2}$  des pés emeyo, e quando a Lua está no seu Perigeum a altura de  $12 \frac{1}{2}$  doze pés e meyo e mais; especialmente quando os ventos se põem da mesma parte da Maré.”<sup>107</sup>

- o ultimo grande aspecto abordado tem a ver com as águas estagnadas, o seu equilíbrio hidrostático, que Sarmiento ilustra com os valores apresentados por Newton para as forças gravitacionais dos Luminares, perante a força gravítica da massa de água na superfície terrestre,

“ He digno de observaçam, como o nosso Illustre Autor nos ensina, que a suma das forças dos Luminares, he 2,032,890 vezes menor que a força da gravidade. E sendo que o pezo de hum graõ em 4000 não faz alteraçam sensível, ou manifesta na mais perfektissima balança; se dividirmos 2,032,890 por 4000, o quociente, que vem a ser 508, nos mostra que a suma das forças dos Luminares he tantas vezes menor do que se necessita, para augmentar ou diminuir sensivelmente o pezo de qualquer corpo em huma balança, e por consequencia, que não poderám o Sol, e Lua fazer sensível effeito em qualquer corpo suspenido: Nem se poderám perceber os effeitos das suas forças em Agoas estagnadas; pois não tendo estas communicaçam com o Oceano, se o equilibrio se lhe alterar, instantaneamente se lhe torna a restituir”<sup>108</sup>.

Para ilustrar melhor a sua exposição sobre os *Phænomena particulares das Marés*, Sarmiento opta por transcrever e traduzir, um excerto do artigo de Edmund Halley,

---

<sup>107</sup> Ibid.: 94

<sup>108</sup> Ibid.: 96

publicado do nº 226, das *Philosophical Transactions*, com o título *The True Theory of the Tides, extracted from that admired Treatise of Mr. Isaac Newton, Intituled, Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica; being a Discourse presented with that Book to the late King James, by Edmund Halley*, cuja transcrição apresentamos no Anexo F. De referir, que na tradução regista-se a alteração das unidades.

Sarmiento conclui a sua explicação apresentando, nas páginas 102 e 103, um *SCHOLIO* ou comentário final em que apresenta duas reflexões importantes sobre o pano de fundo das descobertas astronómicas propiciadas pelo Telescópio. Na primeira toda a causa é atribuída a um ser superior (conclusão com que Newton encerrara os seus *Principia*),

“ (...) o presente estado das Cousas, não foi produzido por accidente, ou acaso, mas sim formado, e disposto pelo alto conselho, e incomprehensível designio de hum Agente Eterno, Intelligente, e Puro, o Geometra Todo poderoso; o qual construiu, e formou todas as Cousas por huma certa, e exacta mensura, de Numero, Pezo e Medida.”<sup>109</sup>

Na segunda reflexão transmite ao leitor a importância das marés para a navegação, bem como o facto de,

“ (...) se não tivéssemos huma Lua, seriam as Marés tam pequenas, que nos privariam do beneficio da quelle mais importante ramo do Comercio; e se tivéssemos mais Luas, do que huma, no tempo de cada conjunçam, se encheriam de maneira os Rios, nos lugares adonde sucedesse a conjunçam, que a Maré alagaria toda a Terra; a o mesmo tempo que nas outras partes, que ficassem em 90° noventa grãos de distancia, ficariam os Rios seccos, e exhaustos totalmente de Agoa.”<sup>110</sup>

### 5.7- A órbita da Lua

A parte final da obra é dedicada a demonstrar, em Apêndice, que a “Lua se retem no seu Orbe, pela força da Gravidade”. Sarmiento atribui a esta demonstração uma grande importância, não só pelo facto da força centrípeta estar associada ao fenómeno das marés, mas também porque é um exercício que explicita a aplicação dos princípios expostos no livro I dos *Principia*, isto é, os fundamentos da mecânica. Na segunda página deste apêndice, escreve Sarmiento, da “demonstração”, parte de imediato para a Lei da Inércia “ao presuppôr como infalível, e certo, que”:

---

<sup>109</sup> Sarmiento, 1737: 102

<sup>110</sup> *Ibid.*: 102



“Todo o movimento he de si proprio rectilíneo, ou se faz, que he o mesmo, em linhas rectas: porque, se supuzermos hum corpo parado em A, Fig. I. e impellido por qualquer força na direcçam AB, em tal caso, se hiria movendo o tal corpo na direcçam AB para sempre, se a intervençam de alguma outra força, ou poder o não impedisse; e a assim, se não houvesse outra força que lhe impedisse o movimento, se hiria movendo na direcçam AB *ad infinitum*; e o mesmo aconteceria, se o corpo fosse impellido em qualquer outra direcçam diversa: porquanto sendo a Materia passiva, e não intelligente, somente se pode mover conforme á força que se lhe imprime; e como esta sempre he em linha recta, o corpo, he precizo, que siga a mesma direcçam e não outra, menos que outro corpo, ou força o tire da direcçam que levava.”<sup>111</sup>

As letras A e B referem-se a pontos de uma figura que acompanha o texto. De qualquer modo o que aqui está escrito é a lei da inércia ou a primeira lei de Newton. Curiosa é a referência que faz à matéria, associando “não inteligência” a “inércia”. Seguidamente aborda a célebre regra do paralelogramo para a composição de duas forças que actuam num corpo (corolário I e II dos *Principia*), o que corresponde à ideia que as forças actuantes sobre um corpo são independentes entre si ou que a resultante é igual à soma de cada uma das forças no caso de elas actuarem separadamente. Escreve Sarmento:

“Se hum corpo for impellido, ou obrigado a porse em movimento por duas, tres, ou mais numero de forças, em direcções diversas, da composiçam dellas todas, resultará huma força que faça mover o mesmo corpo em linha recta.”<sup>112</sup>

De onde retira várias conclusões:

1. “da composiçam das duas forças AB, AD, se verá que resulta huma nova força, que faz mover o corpo na direcçam de AC”<sup>113</sup>, ou a existência de uma força resultante;
2. se duas forças forem iguais e simétricas, então não se destroem uma à outra, isto é, não há força resultante;
3. caso existam para mais de duas forças, isto é,

“(…) quando hum corpo se move por duas, tres, ou mais numero de forças com direcções diversas, da composiçam dellas todas resulta huma força, que faz mover o corpo em linha recta; o que se entende do movimento uniforme (…)”<sup>114</sup>;

---

<sup>111</sup> Ibid.: 105

<sup>112</sup> Ibid.: 106

<sup>113</sup> Ibid.: 107

<sup>114</sup> Ibid.: 108

4. e, em último lugar, se uma das forças, que provocam a resultante, “for continuamente aumentando, ou diminuindo, em tal caso não se moverá o corpo em linha recta mas sim curva”<sup>115</sup>; começando a preparar o caminho para o movimento da Lua...

Em seguida define força centrípeta e força centrífuga, que, segundo ele,

“ (...) sam suficientes para fazer que a Lua ande à roda da Terra; e que a força *Centripeta*, com que a Lua caminha, e desce para a Terra, he a mesma e não differente, que a força da *Gravidade*, ou que aquella força com que os corpos pesados lançados para cima, caminham e descem para a Terra, he o que nós mostraremos e illustraremos com a mayor clareza (...)”<sup>116</sup>

De imediato o nosso autor propõe-se que as forças “*Centripeta* e *Centrifuga*, sam suficientes para fazer que a Lua ande á roda da Terra”, Sarmiento recorre a uma figura (Fig. 4 do Apêndice), cuja construção se baseia numa representação usada por Newton para demonstrar a órbita elíptica (Teorema II do livro I) nesta figura a Terra ocupa o centro e pretende-se explicar a trajectória da Lua.

Aplicando ao paralelogramo AMBC o raciocínio que já tinha utilizado na explicação da regra do paralelogramo, repetindo-o intensivamente para os outros paralelogramos da figura, obtem uma trajectória octagonal MCGINPVYM, onde inclui o conceito de infinitamente pequeno, e conclui,

“ Porem se a força *Centripeta*, em lugar de obrar somente na quelles pontos, obrar, como obra, na Lua em cada ponto do seu movimento, entam o numero de linhas, que mostraram o caminho, em que se move a Lua á roda da Terra, será infinito, mas infinitamente pequenas, e virám a coincidir com o Circulo MC, GI, NP, VY, e por consequencia, pela composiçam destas duas forças *Centripeta* e *Centrifuga*, se moverá a Lua em hum movimento circular á roda da Terra, e virá a força *Centripeta* a ser a Causa de que ande, e se retenha no seu Orbe a Lua.”<sup>117</sup>

A demonstração feita por Sarmiento está incorrecta, pois, para deduzir a trajectória, ele deveria “compor” espaços percorridos e não forças, tal como Newton fizera nos *Principia*. Por outro lado é notória a confusão entre “força” e “velocidade”, atente-se a esta passagem

---

<sup>115</sup> Ibid..

<sup>116</sup> Ibid.: 109

<sup>117</sup> Ibid.: 113

“ E suppondo que naquelle momento e sitio desiste de obrar a força *Centripeta*, se hirá a Lua movendo, obrigada da força *Centrifuga*, de C até E na direcçam CE(...)”<sup>118</sup>

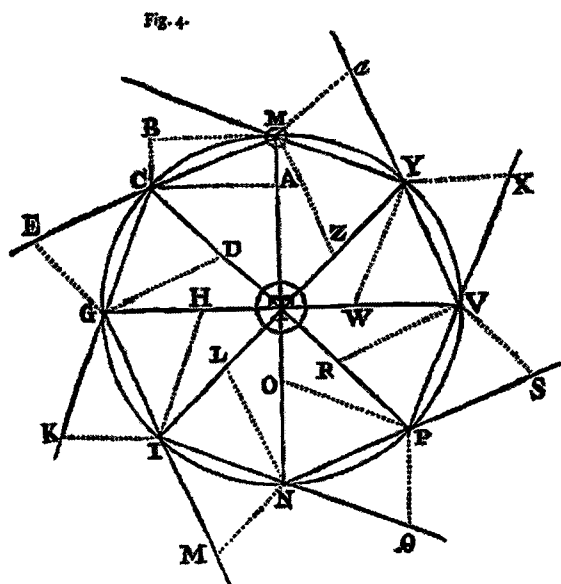


Fig. 5.18 - Fig.4 do Apêndice.

Seguindo este raciocínio, falacioso devido à confusão entre espaço e força, Sarmento pretende agora mostrar que a força centrípeta é a mesma que a força da gravidade. Assim “ *quanto espaço de lugar correria a Lua, ou quanto caminho desceria para a Terra, em hum certo espaço de tempo, na supposiçam que a força Centrifuga, ou se lhe destruisse, ou não obrasse*” raciocínio que desenvolve utilizando uma outra figura (fig.5) que utilizamos, fig.5.18.

Recorre ao paralelogramo LBCD, para mostrar que a Lua se desloca de L para C, através da acção conjunta das duas forças e que “LD he a distancia, que a Lua correria em hum minuto, a o descer para a Terra, se fosse impellida somente pela força *Centripeta*”<sup>119</sup>. Depois vai calcular o valor do espaço LD: (primeiro) o movimento de L a C, leva 33 segundos, tendo em conta as dimensões da órbita e o período de revolução da Lua em torno da Terra; (segundo) sem apresentar o cálculo escreve que LD vale  $15 \frac{1}{12}$  pés de Paris (unidade utilizada nas distâncias). Assim,

“ (...) como esta força *Centripeta* da Lua cresce conforme o quadrado da distancia diminui, sobre a superficie da Terra será a tal força 60 vezes 60 vezes mais vigurosa, que vem a ser 3600 mais activa, por estar ali 60 vezes diminuída a distancia, e ser preciso que cresça o effeito á

<sup>118</sup> Ibid.: 111

<sup>119</sup> Ibid.: 115

proporçam que cresce a causa. Logo, se na superfície da Terra, a força *Centrípeta*, fazendo a sua operação em qualquer corpo, ou na Lua, he 3600 vezes mais vigurosa, do que na distancia, em que está a Lua, e na distancia, em que a Lua se acha, he sufficiente para a fazer descer para a Terra o espaço de  $15 \frac{1}{12}$  pés de Pariz em hum minuto, sobre a superfície da Terra será sufficiente para fazer descer a Lua 3600 vezes  $15 \frac{1}{12}$  pés de Pariz em hum minuto.”<sup>120</sup>

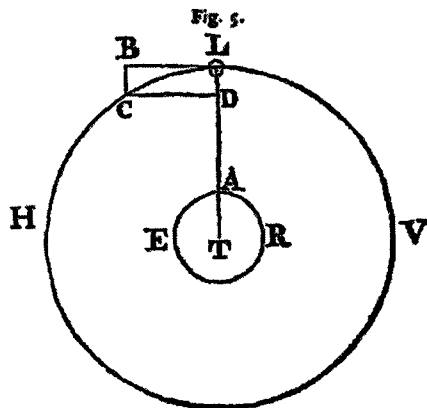


Fig. 5.19 - Fig.5 do Apêndice.

Isto é, porque a gravidade varia com  $1/d^2$ , mostra que à superfície terrestre a força centrípeta é 3600 vezes maior do que em L, visto que a distância entre a Terra e a Lua ser de “60 vezes” a unidade utilizada. No sentido de tornar mais clara esta demonstração, Sarmento apresenta um esquema da proporção dos espaços percorridos na mesma unidade de tempo ao caírem para a Terra. Como sempre recorre à figuração geométrica (fig. 6 do apêndice) onde representa esta proporção para o caso do movimento uniformemente acelerado. Sarmento descreve a queda de um corpo, próximo da superfície terrestre, aplicando a relação  $y = k t^2$  em que cada troço corresponde a um segundo.

Conclui:

“ Desta inviolavel Ley se segue, que em hum minuto baxa um corpo, pezado hum espaço 60 vezes 60 vezes mayor, que vem a ser 3600 vezes mayor, do que baxou em hum segundo, por razão de que 60 segundos fazem hum minuto, e o quadrado de 60 he igual a 3600”<sup>121</sup>

Este é o nexu que permite estabelecer a relação com a força da gravidade.

<sup>120</sup> Ibid.: 116

<sup>121</sup> Ibid.: 119

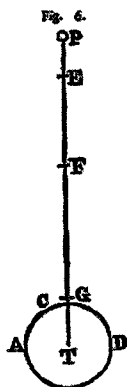


Fig. 5.20 - Fig. 6 do Apêndice.

Para certificar o seu raciocínio, recorre aos “verdadeiros e exactos Experimentos, de Mr. Hugens” que obteve também o valor, para um corpo na superfície terrestre em queda livre, “de  $15 \frac{1}{12}$  pés de Pariz, e huma duodecima parte, em hum segundo de tempo”. E conclui o que já havia concluído:

“ (...) seguesse, que a força da Gravidade fará baxar em hum minuto para o centro da Terra qualquer corpo pezado, 60 vezes 60 vezes hum espaço mayor, do que o havia feito baxar em segundo de tempo; porquanto o quadrado de 60 (que he o numero de segundos, que contem hum minuto) he 3600. E baxando o corpo impellido pela força da Gravidade para o centro da Terra  $15 \frac{1}{12}$  pés de Pariz em hum segundo, consequentemente deve baxar para o mesmo centro 3600 vezes  $15 \frac{1}{12}$  pés de Pariz em hum minuto.”<sup>122</sup>

A terminar o Apêndice, Sarmento proclama a universalidade da força da gravidade, “o poder da Gravidade está diffundido por todo o nosso Systema Solar, e retém todos os Planetas nos seus orbis”. Esclarece também que a utilização de 60 semidiâmetros teve a ver com a maior facilidade de utilização de números inteiros, e que maior exactidão será encontrada se for utilizado o valor  $60 \frac{1}{3}$ , para a distância Terra-Lua.

O seu último parágrafo é, além de um louvor aos Principia,

“ (...) profundissima Obra, dos *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*; aqual, sendo difficillima de se entender sem muita Astronomia e Geometria, púz todo o meu esforço para trazer a huma tal facilidade, e clareza, que a pudessem comprehender os que se não achassem em estado de entender a computaçam de seu celebrado Autor.”<sup>123</sup>

a assunção das dificuldades inerentes à compreensão da obra ou a confissão das limitações próprias de Jacob de Castro Sarmento que, como apontámos, o levaram a cometer alguns erros grosseiros...

---

<sup>122</sup> Ibid.: 120

<sup>123</sup> Ibid.: 122

### 5.8- “ Gloza dos Termos “

A obra termina com um Glossário ou “GLOZA DOS TERMOS”, em que o autor ao longo de treze páginas denota um grande esforço de clarificação e esclarecimento dos termos empregues e, simultaneamente, elabora um índice temático. Apresenta um total de 75 entradas, sendo apenas 12 utilizadas no índice temático. As duas principais entradas são *Equações* com pouco mais de uma página e *Fluxoes* com cerca de duas páginas e meia. A distribuição das entradas por quatro grandes temas é apresentada na TABELA III.

**TABELA III**

Matemática	Astronomia e Geografia	Física Terrestre/Marés	Chymica
<p><i>ANALYTICA</i>  <i>SCIENCIA</i>  <i>CONSTRUCÇAM</i>  <i>de Equações</i>  <i>CUBOS</i>  <i>CURVILINEOS</i>  <i>CURVOS</i>  <i>CYLINDRICO</i>  <i>CYLINDRO</i>  <i>DIAGONAL</i>  <i>DIFFICILLIMA</i>  <i>ELLIPSIS</i>  <i>EQUAÇOES, em</i>  <i>Álgebra</i>  <i>EQUAÇÕES</i>  <i>FLUXOES</i>  <i>FOCI</i>  <i>INVERSO (Fluxões)</i>  <i>PARALLELOGRAMO</i>  <i>QUADRADO</i>  <i>RADIUS</i>  <i>SENOS</i>  <i>SPHEROIDE</i></p>	<p><i>APHELION</i>  <i>APOGEON</i>  <i>APSIDES</i>  <i>APPULSO</i>  <i>AXIS</i>  <i>CENTRIFUGA FORÇA</i>  <i>CENTRIPETA</i>  <i>FORÇA</i>  <i>COLURO DOS</i>  <i>EQUINOCIOS</i>  <i>CONJUNÇAM</i>  <i>ECLIPTICA</i>  <i>EQUATORIAL</i>  <i>EQUINOCIO</i>  <i>GRAVIDADE</i>  <i>GRAVITAÇAM</i>  <i>HEMISPHERIO</i>  <i>HORIZONTE</i>  <i>LATITUDE</i>  <i>MERIDIANO</i>  <i>NADIR</i>  <i>NODES</i>  <i>ORBE</i>  <i>PHÆNOMENON</i>  <i>PERIGEON</i>  <i>PERIHELION</i>  <i>RECESSO</i>  <i>ROTAÇAM</i>  <i>SOLSTICIO</i>  <i>TELESCOPO</i>  <i>(de Reflexão)</i>  <i>TROPICOS</i></p>	<p><i>ATHMOSPHERA</i>  <i>ATTRACÇAM</i>  <i>EFFLUXO</i>  <i>HYDROSTATICAS</i>  <i>INFLUXO</i>  <i>MECHANICAS</i>  <i>MECHANISMO</i>  <i>OSCILLAÇAM</i>  <i>PENDULUMS</i>  <i>PRISMATICAS</i>  <i>PRISMO</i>  <i>RECIPROCAÇAM</i>  <i>REFLEXIBILIDA</i>  <i>DE</i>  <i>REFLEXIVEIS</i>  <i>REFRANGIBILIDA</i>  <i>DE</i>  <i>REFRANGIVEIS</i></p>	<p><i>ALKALICO</i>  <i>CRYSTALLISAÇAM</i>  <i>DECANTAR</i>  <i>EVAPORAÇAM</i>  <i>FILTRAR</i>  <i>PRECIPITADO</i>  <i>SOLUÇAM</i>  <i>SUBLIMAÇAM</i>  <i>SUBLIMADO</i>  <i>SYMPATHETICAS</i></p>

## 6- CONCLUSÃO

A teoria das marés newtoniana ou, melhor, a explicação das características da ocorrência do fenómeno das marés a partir da Lei da gravitação universal de Isaac Newton, foi o pano de fundo para a construção de uma obra de divulgação-difusão do Newtonianismo, ao nível do que de melhor se produziu, dentro deste género, na Europa Ilustrada, cujo autor foi o médico português Jacob de Castro Sarmiento, radicado em Londres, e que se intitulava *Theorica Verdadeira das marés conforme à Philosophia do incomparável cavalheiro Isaac Newton*. Esta obra, impressa em Londres no ano de 1737 e em língua portuguesa, é uma das primeiras obras de divulgação do Newtonianismo, ombreando com os *Elements de la philosophie de Newton* de Voltaire e o *Neutonianismo per le dame* de Algarotti, publicadas em 1737 e 1738, respectivamente, sem esquecer, em língua castelhana, a obra *Theatro Crítico Universal* de Benito Feijoo que iniciou a sua publicação em 1726 e se estendeu por mais quinze anos. Ao contrário das duas primeiras obras referidas, a *Theorica*, escrita em português, não teve qualquer tradução para outras línguas, o que diminui um pouco o alcance e a projecção da obra do médico português no espaço europeu, que lhe era contemporâneo. Ainda uma comparação da obra de Castro Sarmiento com a de Voltaire e a de Algarotti permite-nos sublinhar o seguinte: (primeiro) os trabalhos destes dois autores procuram divulgar aspectos vários da filosofia natural de Newton, desde a mecânica à óptica, sem se deterem, em particular na explicação newtoniana de um fenómeno particular; (segundo) Sarmiento procede de forma contrária, mostra a perenidade das ideias de Newton pela explicação de um fenómeno, as marés, que trata de uma forma mais exhaustiva; (terceiro) Sarmiento privilegia claramente a força da Gravidade, como contributo essencial do Newtonianismo, embora também dê a conhecer os contributos de Newton na óptica.

O objectivo temático de Jacob de Castro Sarmiento está exposto de uma forma sucinta e expressiva na capa da sua obra, onde se pode ler a seguir ao título, *Theorica Verdadeira das marés conforme à Philosophia do incomparável cavalheiro Isaac Newton*,

“ Em que se mostram pela mais evidente, e distinta forma, os principaes Phenomenos das Marés; e se explicam de maneira, que se fazem perceptíveis a qualquer capacidade commua, ainda que sem Principios Geometricos, e Astronomicos, de que tanto se necessita, para intelligencia do que o

Illustre NEWTON descobrio, e nos deixou sobre este dificultosissimo Phenomeno da Natureza (...) a que se ajunta, (...) em forma de Apendix, a Demonstraçam, de que a Lua se retem no seu Orbe pela força da *Gravidade* .” (Sarmiento, 1737: Capa)

E o propósito de publicar este livro em português corresponde à preocupação de difundir em Portugal as ideias de Newton, procurando adeptos para a nova filosofia. A estratégia que adopta para o seu proselitismo é mostrar como um fenómeno natural observado por todos, de grande importância prática, é explicado pela nova teoria. O título adoptado por Sarmiento para o seu livro é uma adaptação do título de trabalho apresentado por Halley no *Philosophical Transactions*, «The true Theory of the Tides, extracted from that admired Treatise of Mr. Isaac Newton, Intituled, Philosophiae Naturalis Principia Mathematica; being a Discourse Presented with that Book to the late King James».

No essencial, o texto da *Theorica* divide-se em três partes: a primeira é composta por um apontamento biográfico sobre Newton, algumas páginas sobre a óptica e o telescópio e uma apresentação dos *Principia*; a segunda corresponde de facto à teoria das marés, assentando toda a sua exposição na descrição de duas dezenas de figuras ilustradoras dos efeitos fundamentais deste fenómeno; a terceira é um anexo que procura explicar o movimento da Lua com base na força da Gravidade.

Na primeira parte a figura de Isaac Newton é enaltecida num tom panegírico, sendo a sua biografia descrita através de apontamentos que revelam a premonição da sua genialidade. A consolidação da imagem do filósofo inglês é estabelecida por comparação com outros notáveis da época, como Kepler, Galileu e Leibnitz. Na óptica newtoniana, embora Sarmiento estivesse em contacto com as cores das suas misturas farmacológicas, o seu texto revela erros na compreensão de conceitos chave como a reflexão e refacção da luz, bem como em aspectos relacionados com a composição das cores. Também na explicação sucinta dos *Principia*, Sarmiento considera que a matemática utilizada nos *Principia* seria superior às dos *Elementos* de Euclides, o que poderá indiciar conhecimento sobre a teoria das fluxões, mostrando ainda um conhecimento deficiente, sob o ponto de vista filosófico, da natureza da gravidade e da forma como Newton chegou à sua expressão matemática.

Na segunda parte, a teoria das marés, Jacob de Castro Sarmiento parte de uma base observacional, descrição das principais características do fenómeno, e, à custa da utilização massiva de figuras (num total de 28, incluindo as dos anexos) procurou uma explicação coerente, essencialmente qualitativa e sem o rigor geométrico dos *Principia*,



para um fenómeno conhecido de todos. Há a preocupação de utilizar dados empíricos recolhidos de várias fontes. O texto de Halley é, talvez, a inspiração mais próxima para a *Theorica* e o nosso autor refere-o, usando-o para certificar as explicações mais difíceis da teoria newtoniana das marés, contudo devemos sublinhar que o trabalho de Sarmento ultrapassa em extensão e pormenor explicativo o artigo do astrónomo inglês que foi publicado nos *Philosophical Transactions*. Talvez o propósito oculto de Sarmento fosse exceder em inteligibilidade o artigo de Halley. Nas descrições qualitativas das características físico-matemáticas do movimento, Sarmento revela desconhecimento sobre questões essenciais da dinâmica newtoniana, o que é manifestamente evidente ao explicar, no apêndice, o movimento da Lua em torno da Terra.

A terceira parte é dedicada a demonstrar que a “Lua se retém no seu Orbe, pela força da Gravidade”. Sarmento atribui a esta demonstração uma grande importância, não só pelo facto da força de interacção Lua-Terra estar associada ao fenómeno das marés, mas também porque é um exercício que explicita a aplicação dos princípios da dinâmica expostos no livro I dos *Principia*. O raciocínio é predominantemente qualitativo e assenta numa representação gráfica, revelando o seu autor algumas incompreensões sobre as naturezas da «força» e do «movimento».

Sarmento não é um matemático, daí a ausência de uma exposição rigorosa, sob o ponto de vista de cálculo, da explicação newtoniana das marés, contudo revela a preocupação de uma exposição metódica, e extensa, a nível qualitativo, das causas deste fenómeno natural. Por outro lado, também pelos pormenores do que expõe, o médico português mostra estar a par dos conhecimentos, e autores, da filosofia natural da época, uma capacidade que lhe é garantida pela sua participação na actividade da Royal Society.

## 7. BIBLIOGRAFIA

### 7.1. Bibliografia Citada

- Algarotti, F. (1738). *Newtonianisme pour les dammes*, Tome II, Paris.
- Almeida, T. (1799). *Cartas Fysico-Mathemáticas*, vol. III, Carta XXIV. Lisboa: António Rodrigues Galhardo.
- Andrade, A. (1982). *Contributos para a história da mentalidade pedagógica portuguesa*. Lisboa: INCM.
- Araújo, M. (1989). Médicos e seus Familiares na Inquisição de Évora. In *Congresso Luso Brasileiro sobre Inquisição*, vol. III. Lisboa: Universitária Editora.
- Arriga, J. de (1980). *A Filosofia Portuguesa 1720-1820*. Lisboa: Guimarães Editores.
- Bacon, F. (s/d). *Novum Organum*. Porto: Rés
- Bernardo, L. M. (2005). *Histórias da Luz e das Cores*, vol I. Porto: Editora da Universidade do Porto.
- Brigola, J. (2000). *Coleções, Gabinetes e Museus em Portugal no Séc. XVIII*. Tese de Doutoramento, Évora: Universidade de Évora.
- Calafate, P. (2000). *História da Filosofia Portuguesa*, vol. III, Lisboa: Editorial Caminho.
- Cartwright, D (1999). *Tides – a Scientific History*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Carvalho, J. de (1934). Introduction des conceptions de Newton en Portugal. In *Congrès international d'histoire des sciences*. Lisboa: 95-98.
- Carvalho, R. de (1982). *A Física experimental em Portugal no séc. XVIII*. Lisboa: Instituto de Cultura e Língua Portuguesa.
- Carvalho, R. de (2001). *História do Ensino em Portugal*. Lisboa: F. C. Gulbenkian.
- Carvalho, R. de (1997-A). A Aceitação em Portugal da Filosofia Newtoniana. In *Colectânea de Estudos Históricos (1953-1994)*. Évora: Universidade de Évora.
- Carvalho, R. de (1997-B). Portugal nas “Philosophical Transactions”, nos Séculos XVII e XVIII. In *Colectânea de Estudos Históricos (1953-1994)*. Évora: Universidade de Évora.

- Carvalho, R. de (1985). *A Astronomia em Portugal no Séc XVIII*. Lisboa: Instituto de Cultura e Língua Portuguesa.
- Casini, P. (1995). *Newton e a Consciência Europeia*. São Paulo: Editora Unesp.
- Castro, D. João de (1981). *Obras Completas de D. João de Castro*, vol IV, Edição crítica de A. Cortesão e Luís de Albuquerque. Lisboa: Academia Internacional de Cultura Portuguesa.
- Cidade, H e Selvagem, C. (1973). *Cultura Portuguesa*, vol. 10, Lisboa: Editorial Notícias.
- Costa, A, (1992). Alquimia em Portugal – O Rei Alphonso. In *Química e Sociedade* vol. 2. Lisboa: Escolar Editora e SPQ.
- Craveiro, M. (2004). A Arquitectura da Ciência. In *Laboratório do Mundo*, São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de S. Paulo.
- Cunha, N. (2001). *Elites e Académicos na Cultura Portuguesa Setecentista*. Lisboa: INCM.
- D’esaguy, A. (1931). *Apologia da Agoa de Inglaterra*. Lisboa: Oficina da imprensa moderna.
- D’esaguy, A. (1946). *Jacob de Castro Sarmiento – notas relativas à sua vida e à sua obra*. Lisboa: Edições Ática.
- Descartes, R. (2006). *Princípios de Filosofia*. Lisboa: Edições 70.
- Dias, J. P. S. (2007). *Droguistas, Boticários e Segredistas – Ciência e Sociedade na Produção de Medicamentos na Lisboa de Setecentos*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Dias, J. P. S. (2005). Jacob de Castro Sarmiento e a conversão à ciência moderna. In *Primeiro Encontro de História das Ciências Naturais e da Saúde*, Centro de Estudos de História das Ciências Naturais e da Saúde (Instituto de Investigação Científica Bento da Rocha Cabral) e Faculdade de Farmácia da Universidade de Lisboa, Shaker Verlag / Instituto Rocha Cabral , Aachen.
- Diogo, M. P., Carneiro, A., Simões A. (2001). Ciência portuguesa no Iluminismo. Os estrangeirados e as comunidades científicas europeias. In Nunes, J. A. e Gonçalves, M. E., (org) *Enteados de Galileu? A Semiperiferia no Sistema Mundial da Ciência*, Porto: Edições Afrontamento.
- Fehér, M. (1998). La marcha triunfal de un paradigma: un estudio sobre la popularización de la ciencia newtoniana”, In A Elena (org), *Después de Newton*:

- Kepler, J. (1994). *El secreto del Universo*. Barcelona: Ediciones Altaya.
- Koestler, A. (1989). *O Homem e o Universo*. São Paulo: Ibrasa.
- Machado, B. (1759). *Biblioteca Lusitana*. vol. 4. Lisboa: Oficina Patriarcal de Francisco Luis Ameno.
- Marés, Les. Disponível em <http://www.cosmovisions.com/ChronoMarees.htm>.  
[Consultado em 2/12/2006 ]
- Mariconda, P. (2001). Apêndice: A quarta jornada e a teoria das marés. In Galileu Galilei, *Diálogo sobre os dois máximos sistema do mundo – Ptolomaico e Copernicano*. Rio de Janeiro: Discurso Editorial.
- Mariconda, P. (1999). Galileu e a Teoria das marés. In *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, 9(1-2): 33-71.
- Martins, D. R. (1997). *Aspectos da cultura científica portuguesa até 1772*, Tese de Doutoramento, Coimbra: Universidade de Coimbra.
- Martins, D. R. (1999). Inácio Monteiro no contexto da cultura científica Portuguesa até 1760. In *Gazeta da Física*. 22(1): 17-21.
- Martins, R. (1994). Galileu e a Rotação da Terra. In *Caderno Catarinense de Ensino da Física*, 11(3): 196-211.
- Martins, R. (1989). Huygens e Gravitação Newtoniana. In *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, série 2, 1(2): 151-184.
- Maupertius, P. L. (1985). Discurso sobre las diferentes figuras de los astros. In *El Orden Verosímil Del Cosmos*. Madrid: Alianza Editorial.
- Mazzotti, M. (2003). Newton for Ladies. Bologna Science Classics Online, Disponível em <http://137.204.24.205/cis13b/bsco3/algarotti/introbyed/algintrobyed.pdf>.  
[Consultado em 2/12/2006 ].
- Mendes, A. (1998). *Ribeiro Sanches e o Marquês de Pombal – Intelectuais e Poder no Absolutismo Esclarecido*. Texto integral de Tese de Mestrado. Cascais: Patrimonia Histórica.
- Newton, I. (1996). *Óptica*. Tradução, Introdução e notas de André K. T. Assis. São Paulo: Edusp
- Newton, I. (1986). *El Sistema del Mundo*. Tradução e notas de Eloy Rada Garcia. Madrid: Alianza Editorial.
- Newton, I. (1987). *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural – Introducción y Libro Iº*. Tradução e notas de Eloy Rada Garcia. Madrid: Alianza Editorial.

- Newton, I. (1987). *Princípios Matemáticos de la Filosofia Natural – Libro II Y III*. Tradução e notas de Eloy Rada Garcia. Madrid: Alianza Editorial.
- Oliveira, F. (1983). *Arte da Guerra e do Mar*. Lisboa: Edições Culturais da Marinha.
- Osório, J. P. (1985). Sobre a História e Desenvolvimento da Astronomia em Portugal. *In História e Desenvolvimento da Ciência em Portugal, Publicações do 2º centenário da Academia das Ciências de Lisboa*. Lisboa: Academia de Ciências de Lisboa.
- Pereira, D. P. (1954). *Esmeraldo de Situ Orbis*. Lisboa: Academia Portuguesa de História.
- Pereira, J. E. (2004). Neutonianismo e cura do intelecto. *In Percursos de História das Ideias*. Lisboa: INCM.
- Pinto, H. (2007). *O Newtonianismo em Portugal no Século XVIII*. Tese de Mestrado, Lisboa: Universidade Nova de Lisboa.
- Pita, J. (2000). *História da Farmácia*. Coimbra: Editora Minerva.
- Revista Ciência Hoy (2005). Algunas Observaciones Astronomicas Efectuadas en Paraguay por el [REV. B. SUÁREZ S. I.] Comunicadas a la Royal Society por [JACOB DE CASTRO SARMENTO M. D.]. In *Ciência Hoy*, 15(85). Disponível em <http://www.cienciahoy.org.ar/ln/hoy85/libro.htm>. [Consultado em 2/12/2006].
- Ribeiro, A. S. (1999). As Marés na Náutica Quinhentista. *Revista Oceanos*, (38): 84-96.
- Rodríguez, A. T. R. (2000). Newton e Feijoo, un episodio en la História de la difusion de las ideias científicas (I Y II). *Contextos*, XIX-XX: 37-40
- Romão, M; (1944). Galileu e o método científico. *Revista da Faculdade de Letras*, 11 (4), 2ª série: 242-275
- Ruivo, M. (coord.) (1997). *O Engenho e a Arte*. Lisboa: F. C. Gulbenkian.
- Sarmiento, J. de C. (1737). *Theorica Verdadeira das Mares*. Londres.
- Sequeira, G. de M. e Menezes, B. (1933). *Figuras Históricas de Portugal*. Porto: Livraria Lello e Irmão.
- Serrão, J. V. (1982). *O Marquês de Pombal – o homem, o diplomata e o estadista*. Lisboa: Câmaras Municipais de Lisboa, Oeiras e Pombal.
- Silva, M. (1932). *Newton Experimentador*. Coimbra: Imprensa da Universidade.
- Soares, L.C. (s/d). *A Ideia de ciência aplicada na Inglaterra do séc. XVIII: um inventário dos manuais e programas de cursos dos Professores itinerantes*

- Newtonianos*. UFF. Disponível em <http://www.ocyt.org.co/esocite/PonenciasESOCITEPDF/3BRS021.pdf>. [Consultado em 12/04/2007]
- Sobel, D. (2000). *Longitude*. Lisboa: Temas e Debates.
- Taton, R. (org) (1960). *História Geral das Ciências*, Tomo II, 3º vol. São Paulo: Difusão Europeia do Livro.
- Verney, L. A. (1950). *Verdadeiro Methodo de Estudar*, vol. III. Lisboa: Sá da Costa.
- Visoni, R. (2006). O inventor do balão de ar quente. *Revista História*, (83): 28-33
- Voltaire, (1992). *Cartas Filosóficas*. Lisboa: Editorial Fragmentos.
- Voltaire, (1996). *Elementos da Filosofia de Newton*. Campinas: Editora da Unicamp.
- Voltaire, (2000). *Memórias*. Lisboa: Teorema.

## 7.2. Bibliografia Consultada

- Agostinho, S. (1996). *A Cidade de Deus*. 2ªEd, Vol. I, Livro V, Lisboa: F. C. Gulbenkian.
- Albuquerque, L. de (1983). *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*. Lisboa: Instituto de Cultura e Língua Portuguesa.
- Albuquerque, L. de (1989). *Curso de História da Náutica*. Lisboa: Publicações Alfa.
- Albuquerque, L. de (1989). *Introdução à História dos Descobrimentos Portugueses*. Mem Martins: Europa-América.
- Almeida, A. M. de (2005). Inovação e Resistência na Prática Científica no Portugal das Descobertas, In Medina, João. *História de Portugal*. Amadora: Ediclube.
- Barreto, L. F (1990). Experiência e Experiencialismo no Renascimento Português. In *Logos*, Vol II. Lisboa: Editorial Verbo.
- Bernardo, L. M. (1998). Concepções sobre a natureza da luz no século XVIII em Portugal. *Revista da SBHC*, (19): 3-12.
- Bernardo, L. M. (2000). Concepções sobre a natureza das Cores no séc. XVIII em Portugal. In *Livro de resumos do 1º Congresso Luso-Brasileiro de História da Ciência e da Técnica*, Évora.
- Bernardo, L. (2005). *O Projecto Cultural de Manuel de Azevedo Fortes*. Lisboa: INCM.

- Cantor, Geoffrey N. (2005). *Quakers, Jews and Science: Religious Responses to Modernity and the Sciences in Britain, 1650-1900*. Oxford: Oxford UP.
- Carolino, L. M. (2003). *Ciência, Astrologia e Sociedade*. Lisboa: F.C. Gulbenkian.
- Carvalho, R. de (1987). *A história natural em Portugal no século XVIII*. Lisboa: Instituto de Cultura e Língua Portuguesa.
- Castro, D. João de (1968). *Obras Completas de D. João de Castro*, vol I. Edição crítica de A. Cortesão e Luís de Albuquerque. Lisboa: Academia Internacional de Cultura Portuguesa.
- Cidade, H. (1984). *Lições de Cultura e Literatura Portuguesa*, vol. 2. Coimbra: Coimbra Editora.
- Cohen, I. B. e Westefall, R.S. (org) (2002) *Newton – Textos, Antecedentes e Comentários*. Rio de Janeiro: Eduerj/Contraponto.
- Coimbra, U. et al (2004). *Laboratório do mundo – Ideias e saberes do séc. XVIII*. São Paulo.
- Correia, C. P. (2005). “E Fez-se Luz”: *O Deus todo poderoso da obra de Newton e dos seus Comentadores Ingleses*. Lisboa: Relógio de Água.
- Costa, F. da (1960). *A Marinharia dos Descobrimentos*. Lisboa: Agência Geral do Ultramar.
- Costa, A. (1984). *Primórdios da ciência química em Portugal*. Lisboa: Instituto de Cultura e Língua Portuguesa.
- D’esaguy, A. (1955). *Uma carta do doutor Jacob de Castro Sarmiento a Diogo de Mendonça Corte Real – O Terramoto de 1755*. Separata da Imprensa Médica, Março, Lisboa, 1955.
- D’esaguy, A. (1934). Breve notícia sobre o médico português Isaac de Sequeira Samuda. *In Separata de O Instituto*, 87(3). Coimbra: Imprensa da Universidade.
- D’esaguy, A. (1940). Jacob ou Henrique de Castro Sarmiento (Resumo). *In Congresso do Mundo Português*, XIII volume, Tomo 2º, Lisboa.
- D’esaguy, A. (1958). *Uma intriga, no século XVIII, afasta Castro Sarmiento de Bevis Marks*. Separata da Imprensa Médica, nº de Março. Lisboa.
- D’esaguy, A. (1953). *Uma carta inédita do Dr. Jacob de Castro Sarmiento*. Lisboa: Imprensa Médica.
- D’esaguy, A. *Une lettre de Manuel Telles da Silva a Jacob de Castro Sarmiento*. Lisboa: Imprensa Médica.

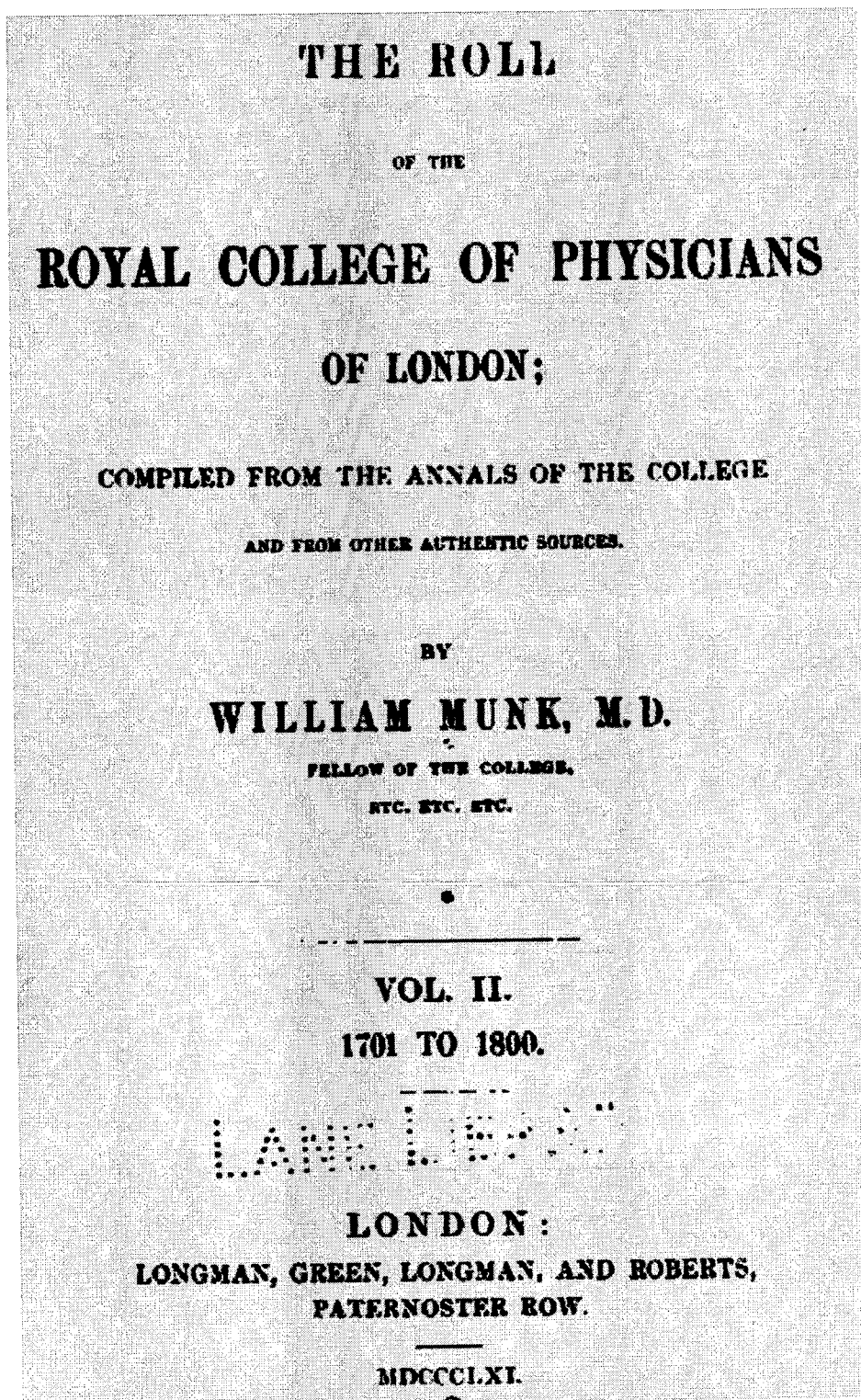
- Dias, J. (2006). *Portugal e a Cultura Europeia (séculos XVI a XVIII)*. Porto: Campo das Letras.
- Fitas, A. (1995). Algumas considerações sobre a Óptica de Newton, a controvérsia em torno da Experimentum Crucis. In *Seminário sobre Newton, Centro de Estudos de História e Filosofia da Ciência*, Évora: Universidade de Évora.
- Gaukroger, S. (2002). *Descartes – uma biografia intelectual*. Rio de Janeiro: Contraponto- EDUERJ.
- Hankins, T. L. (2002). *Ciência e Iluminismo*. Porto: Porto Editora.
- Hooykaas, R. (1983). The Portuguese Discoveries and the Rise of Modern Science. In *Selected Studies in History of Science, Acta Universitatis Conimbricensis*, Coimbra: Universidade de Coimbra.
- Hooykaas, R. (1985). Contextos e Razões do Surgimento da Ciência Moderna. In *A Abertura do Mundo*. Lisboa: Editorial Presença.
- Kobayashi, M. (1995). *A filosofia natural de Descartes*. Lisboa: Instituto Piaget.
- Lameira, A. (2000). *Do Informalismo ao Formalismo na Ciência Setecentista em Portugal – Do Conde da Ericeira à Academia Real de Ciências*, Tese de Mestrado. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa.
- Lemos, M. (1991). *História da Medicina em Portugal*. 2ª. Ed. Lisboa: Publicações Dom Quixote/Ordem dos médicos.
- Machado, F. (2001). *Educação e Cidadania na Ilustração Portuguesa – Ribeiro Sanches*. Porto: Campo das Letras.
- Malet, A. (s/d). *Siglo XVIII, primeros divulgadores. La Ilustracion*. Grupo de História de la Ciência, Barcelona: UPF. Disponível em <http://www.rubes.es/cursos/divulgadores/02img.htm> [Consultado em 3/2/2007]
- Martins, D. R. (2000). As Ciências Físico-Matemáticas em Portugal e a Reforma Pombalina. In *O Marquês de Pombal e a Universidade*, Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra.
- Martins, R. (1986). Galileo e o Princípio da Relatividade. In *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, 9: 69-86.
- Meã, E.C.de A. (1989). Século XVI – Coimbra as lutas entre o Santo Ofício e os Cristãos Novos. In *Congresso Luso-Brasileiro Sobre Inquisição*, vol. III, Lisboa: Universitária Editora.



- Munk, W. (1861). *The roll of Royal College of Physicians of London*. London: Longman, Green, Longman, and Roberts.
- Naylor, R. (2007). Galileo's Tidal Theory. In *Isis*, 98(1): 1-22.
- Nunes, M. de F. (1995). Newton em Portugal – Literatura e Ciência. In *Seminário sobre Newton*. Évora: Universidade de Évora.
- Rodrigues, F. (1990). *Jesuítas Portugueses Astrónomos na China 1583-1805*. Macau: Instituto Cultural de Macau, 1990
- Rogers, F. (1960). A Literacy note concerning tides and Ptolemy. In *Separata do Boletim da Sociedade de Geografia de Lisboa*. Lisboa: Sociedade de Geografia de Lisboa.
- Ruderman, D. B. (2000). *Jewish enlightenment in an english key*. New Jersey: Princeton University Press.
- Sanches, A. R.(2003). *Cristãos Novos e Cristãos Velhos em Portugal*. Covilhã: Universidade da Beira Interior.
- Silva, C. C. (1996). *A Teoria das Cores de Newton: um estudo crítico do Livro I do Opticks*. Tese de Mestrado. Campinas: Unicamp.
- Usher, A. P. (1973). *História das Invenções Mecânicas*. Lisboa: Edições Cosmos.
- Vasconcelos, J. (2005). Galileu contra a inércia Circular. In *Scientia Studia*, 3 (3). São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia.
- Whewell, W. (1858). *History of the Inductive Sciences*, vol. II. New York: Appleton.
- Whitrow, G. J. (1993). *O Tempo na História*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor.
- Wigelsworth, J. R. (2003). Competing to popularize newtonian philosophy – Jonh Theophilus Desaguliers and the Preservation of Reputation. *Isis*, 94: 435-455.

## 8. ANEXOS

### ANEXO A



translated Kaempfer's History of Japan into English; and he has a good paper in the Philosophical Transactions on "The Method of Measuring the Heights of Mountains."

**GEORGE HARRIS**, of Haverfordwest, was admitted an Extra Licentiate of the College of Physicians 7th June, 1725.

**RICHARD HOLLAND**, M.D. was born in London, and educated at Catherine hall, Cambridge. He proceeded A.B. 1708, A.M. 1712, and M.D. 1723; was admitted a Candidate of the College of Physicians 25th June, 1724; a Fellow, 25th June, 1725; and was Censor in 1728. Dr. Holland was a Fellow of the Royal Society, and the author of—

*Observations on the Small Pox: or, an Essay to discover a more effectual Method of Cure.* 8vo. Lond. 1728.

**JACOB DE CASTRO SARMENTO**, M.D.—A Portuguese, and a doctor of medicine of Coimbra, of 21st May, 1717; was admitted a Licentiate of the College of Physicians 25th June, 1725. He died 14th September, 1762; and was the author of—

*Appendix ao que se acha escrito na Materia Medica.* 8vo. Lond. 1757.

**JOHN BIRCH**, M.D.—A native of Cheshire, and a doctor of medicine of Leyden of 27th April, 1716; was admitted an Honorary Fellow of the College 19th January, 1725-6.

**RICHARD MIDDLETON MASSEY**, M.D. was born in Cheshire, and spent some terms at Brasenose College, Oxford, but left the university without taking a degree. He was admitted an Extra Licentiate of the College 23rd November, 1706, and settled at Wis-

ANEXO B

**CORRESPONDENTES JUDEUS NA ROYAL SOCIETY**

In Quakers, Jews and Science: Religious Responses to Modernity and the Sciences in Britain, 1650-1900; Geoffrey N. Cantor, Oxford UP, 2005

APPENDIX 3

*Quaker and Jewish Fellows of the Royal Society of London (by date of election)*

NAME	Birth	Death	FRS <sup>b</sup>	Field	Religious history
<i>Quaker Fellows<sup>a</sup></i>					
Penn, William	1644	1718	1681*		C 1667
Haistwell, Edward	c.1658	1709	1698		
Bellers, F.	1687	1750	1711		X 1711
Bellers, J.	1694	1723	1719		
Graham, George	1675	1751	1721	Instrument maker	X
Bevan, Silvanus	1691	1765	1725	Pharm.	
Robins, Benjamin	1706	1751	1727	Math.	X c.1723
Collinson, Peter	1693	1768	1728	Bot.	
Birch, Thomas	1705	1766	1735		X c.1727
Nickolls, John	c.1710	1745	1744*		
Fothergill, John	1712	1780	1763	Bot./Med.	
Witchell, George	1728	1786	1767	Astron.	X
Dimsdale, Thomas	1711	1800	1769	Med.	X 1741
Lettsom, John C.	1744	1815	1773	Bot.	
Beaufoy, Henry	1750	1795	1782	Pol. Econ.	X 1779
Beaufoy, Mark	1764	1828	1790	Astron.	X 1788
Young, Thomas	1773	1829	1794	Med./Phys./Bot.	X 1798
Dillwyn, Lewis W.	1778	1835	1804	Bot.	X 1807
Allen, William	1770	1843	1807	Chem./Bot.	
Willan, Robert	1757	1812	1809	Med.	
Sims, John	1749	1831	1814	Med.	X 1790
Bland, Michael	1776	1831	1816		X
Gurney, Hudson	1775	1862	1818		X 1803
Howard, Luke	1772	1864	1821	Meteor.	X c.1836
Dalton, John	1766	1844	1822	Chem./Meteor.	
Phillips, Richard	1778	1851	1822	Chem.	X 1811
Harford, John S.	1785	1866	1823		X 1809
Phillips, William	1773	1828	1827	Geol.	
Prichard, James	1786	1848	1827	Anthrop.	X
Lister, Joseph J. (1)	1786	1869	1832	Optics	

*Continued*

*Continues*

NAME	Birth	Death	FRS <sup>b</sup>	Field	Religious history
Barry, Martin	1802	1855	1840	Med./Embriol.	C c.1824
Miller, William A.	1817	1870	1845	Chem.	X
West, William	1792	1851	1846	Chem.	
Fox, Robert Were	1789	1877	1848	Geol.	
Miller, J. F.	1811	1856	1850	Meteor.	X c.1855
May, Charles	1801	1860	1854	Astron./Inst.	
Fletcher, Isaac	1827	1879	1855	Astron.	X c.1855
Harvey, William H.	1811	1866	1858	Bot.	X c.1846
Lister, Joseph	1827	1912	1860	Med.	X 1856
Oliver, Daniel	1830	1916	1863	Bot.	
Pengelly, William	1812	1894	1863	Geol.	C c.1850
Christy, Henry	1810	1865	1865 <sup>D</sup>	Anthrop.	
Hanbury, Daniel	1825	1875	1867	Pharm./Bot.	
Tylor, Edward B.	1832	1917	1871	Anthrop.	X 1864
Fox, Wilson	1831	1887	1872	Med.	X
Brady, Henry B.	1835	1891	1874	Geol./Bot.	
Howard, John E.	1807	1883	1874	Pharm.	X c.1836
Forster, William E.	1818	1886	1875 <sup>P</sup>		X 1850
Baker, John G.	1834	1920	1878	Bot.	
Brady, George S.	1832	1921	1882	Bot.	
Hutchinson, Jonathan	1828	1913	1882	Med.	
Fry, Edward	1827	1918	1883 <sup>P</sup>	Bot.	
Cash, J. Theodore	1854	1936	1887	Med.	X
Thompson, Silvanus P.	1851	1916	1891	Phys.	
Lister, Arthur	1830	1908	1898	Bot.	
Head, Henry	1861	1940	1899	Neurol.	X
Lister, Joseph J. (2)	1857	1927	1900	Bot./Zoo.	
<i>Jewish Fellows</i>					
Samuda, I. S. de		1743	1723	Med.	
Schomberg, Meyer L.	1690	1761	1726	Med.	Dissociated in 1740s
Sarmento, J. de C.	1691	1762	1730	Med.	Dissociated in 1740s
Suasso, Alvaro		c.1752	1735		
Da Costa, Moses	c.1713	1770	1737		
Da Costa, E. Mendes	1717	1791	1747	Nat.	
Salvador, Joseph	1716	1786	1759		
Franks, Naphtali	1715	1796	1764		
Riz, David			1766		
Gompertz, Benjamin	1779	1865	1819	Math.	

*Continued*

Appendix 3

365

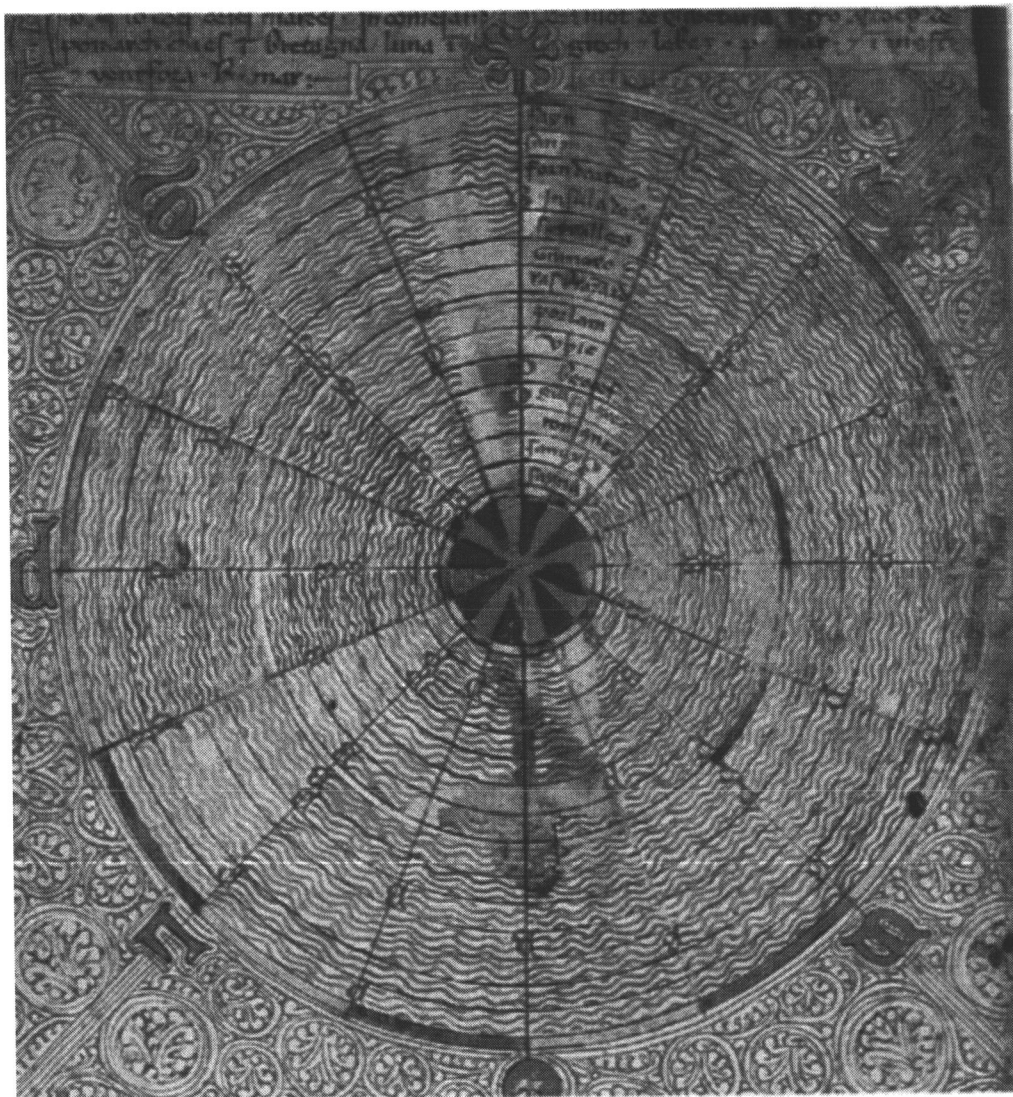
*Continuus*

NAME	Birth	Death	FRS <sup>b</sup>	Field	Religious history
Cohen, Francis	1788	1861	1821		Converted
Geldsmid, Isaac L.	1778	1839	1828		
Wallich, Nathaniel	1786	1834	1829	Nat.	
Montefiore, Moses H.	1784	1885	1836		
Pereira, Jonathan	1804	1853	1838	Med.	Converted?
Sylvester, James J.	1814	1897	1839	Math.	
Basevi, George	1794	1845	1843		Converted
Montefiore, Nat.	1819	1883	1849 <sup>**</sup>	Med.	
Disraeli, Benjamin	1804	1881	1876 <sup>P</sup>		Converted
Schuster, Arthur	1851	1934	1879	Phys.	Converted
Jessel, George	1824	1883	1880 <sup>P</sup>		
Samuelson, Bernhard	1820	1905	1881		Converted
Meldola, Raphael	1849	1915	1886	Chem./Nat.	
Worms, Henry de	1840	1903	1889 <sup>P</sup>	Phys.	Dissociated in 1886
Mond, Ludwig	1839	1909	1891	Ind. Chem.	Disinterested

<sup>a</sup>Quaker commitment (where known): C = Quaker by conviction and Quaker at time of death; Q = birthright Quaker known also to have been a Quaker at time of death; X = birthright Quaker who was disowned or resigned; followed by date, if known.

<sup>b</sup>Date of election to the Royal Society: <sup>P</sup> = admitted to privileged class; \* = elected, but not admitted; \*\* = proposed, but did not proceed to election; <sup>D</sup> = died before election.

**ANEXO C - Gráfico para o estabelecimento do porto em vários locais da costa atlântica, inserido no Atlas Catalão, de Abraão Cresques, 1375**



## ANEXO D – A Teoria das Marés de Bento de Moura Portugal e Theodoro de Almeida

É nas suas *Cartas Fysico-Mathematicas* que Teodoro de Almeida, expressa a Teoria Newtoniana, de uma forma clara, destinando, para o efeito, a carta XXIV, existente no tomo III. Almeida começa a sua carta explicando porque pretende apresentar a Teoria,

*“Pelos annos de 1743 pouco mais ou menos, tendo voltado de Inglaterra Bento de Moura, onde foi discipulo do famoso Desaguliers, me communicou o seu systema sobre as marés, que eu publiquei pelos annos de 1761, quando publiquei a minha Astronomia, com que pertendi dar-vos alguma instrucção; alguns annos depois vendo-me precisado a dar em Baiona de França, e em Auchy lições de Fysica, para fazer sensível este systema, e mostrar visivelmente que era verdadeiro, imaginei huma máquina, que lá deixei no Collegio de Auch; e na Academia das sciencias de Lisboa deixei outra: e sobre este assumpto vos quero escrever agora.”* (pg. 201)

As páginas seguintes destinam-se a fazer uma breve revisão dos *systemas antigos, e desprezados*: as marés devido à Lua fazer ferver a água do mar, dilatando-a e o *systema de Descartes tão falso como engenhoso*. O sistema newtoniano, inicia-se na página 205, pois,

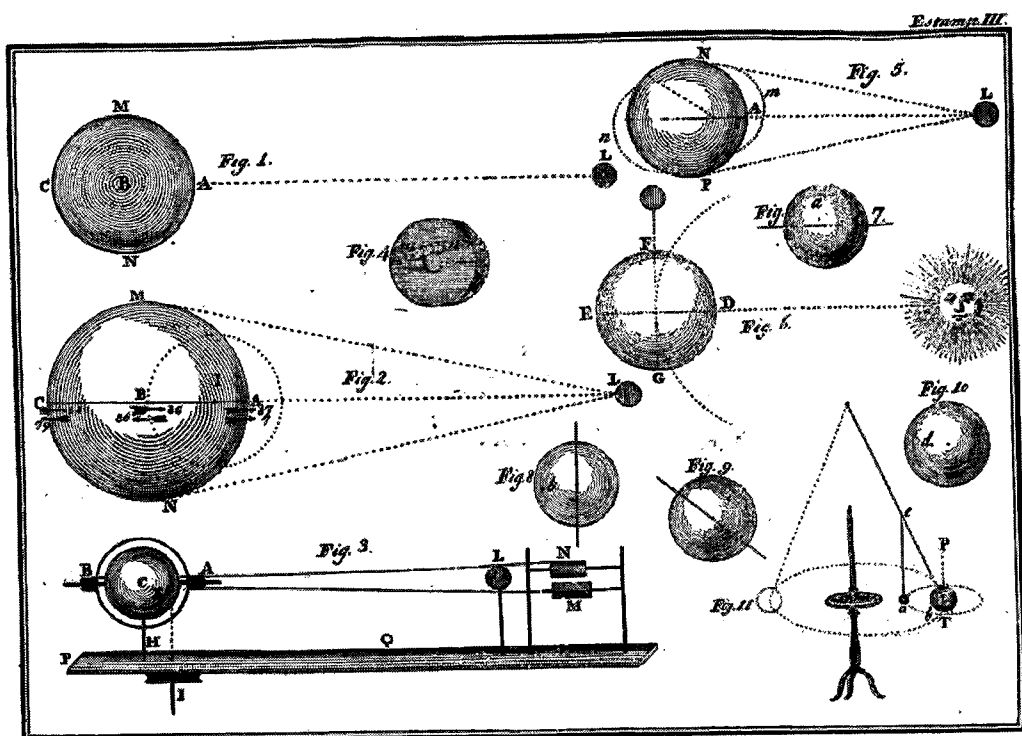
*“ O Grande Newton firmou o seu systema sobre os princípios que elle estabeleceo da Gravidade mutua, e geral. O principio he que entre toda a matéria a ha, á proporção da distancia; mas isso na razão inversa do quadrado della.”*

A partir da figura I, do anexo, apresenta a explicação newtoniana, do duplo lóbulo, devido à *diversa atracção* dos três pontos, A, B e C. Sarmento duvida, no entanto, da explicação do segundo lóbulo, devido ao *pezo das aguas*, e explica-o através de uma simulação numérica,

*“Ponhamos isto em maior clareza: supponhamos que a atracção das aguas para o centro da terra B vale 100 em toda a redondeza do Globo: supponhamos que a atracção da Lua vale em A 12, no centro B vale 10, e no mar C vale 8; as aguas em A só tem de pezo 88, porque se lhe descontão da Gravidade 12 grãos, por ser a atracção em sentido opposto. No mar C, as aguas são attrahidas para o centro B com força 100, e para a Lua que lhe fica da mesma parte com forças 8, por conseguinte hão de pezar para o centro B com forças 108, havendo ali huma notavel maré vasia. Pelo que além do que dizem os Newtonianos, que sómente fallão da diversa atracção da Lua, falta dizer mais alguma cousa para se explicar a segunda preamar.”* (pg. 207)

A dúvida suscitada leva-o a, através da figura 2 do seu Anexo,





a apresentar a *Doutrina de Bento de Moura*, que se baseia na existência de forças centrípetas e centrífugas, a partir do *centro commum I*,

“Supposta esta doutrina, de que nenhum Astronomo duvida, temos que ha de haver aqui força centrífuga do centro commum I em todos os corpos que gyrão á roda delle ; e esta força ha de ser á proporção das distancias delle; e assim nos tres pontos da terra A, B, C, que gyrão á roda do centro commum, ha de haver tres forças centrífugas desse centro, que hão de ser diversas. No centro da terra B a força centrífuga, com que quer fugir de I, ha de ser igual á força de attracção da Lua, que obra em sentido diametralmente opposto; porque se não fosse igual, ou venceria a attracção, chegando-se a terra mais á Lua, ou venceria a força centrífuga, fugindo mais a terra; e assim se a attracção da Lua no centro valer 36, outro tanto ha de valer a força centrífuga do centro commum I.

Porém nos mares A, e C a distancia do centro commum he diversa, e a força centrífuga tem diversa direcção; porque o mar A dista mui pouco de I, ha de ter força ccntrífuga pequena; e esta força concorda com a attracção da Lua; porque leva para a mesma parte. Pelo contrario o mar em C está mui distante de I, e já por isso ha de ser muito maior esta força centrífuga; e além disso ha de ser opposta á attracção da Lua; e o mar C fogindo do centro commum I, foge tambem da Lua L; e como são contrarias, as forças, a mais pequena se ha de descontar da maior, e sómente o excesso he que ha de obrar. Quando nós examinarmos em rigor onde fica o centro commum I, mediremos com exacção as distancias de I a A, e a C, para conhecer a quantidade de forças centrífugas que ha em cada hum desses pontos.

*He logo preciso examinar nestes tres pontos qual he em rigor a attracção da Lua, e qual he em rigor a força centrifuga do centro commum, e combinar estas duas forças para saber o efeito dellas. Como a. attracção da Lua he na. razão inversa dos quadrados das distancias, por ahi as podemos calcular.*

*A distancia media da Lua á terra he de 60 semidiametros da terra, isto he, do centro da Lua ao centro da terra. Logo a distancia da Lua ao mar proximo A he de 59 semidiametros ao centro B e de 60, ao mar remoto C he de 61: façamos os quadrados destes tres numeros, e achamos que*

*O de 59 he --- 3.481 -- ou 35.*

*O de 60 he --- 3.600 -- ou 36.*

*O de 61 he --- 3.721 -- ou 37*

*Quiz reduzir estes numeros a outros menores, que tenho a mesma proporção; e assim o 1º 3.481, onde falta bem pouco para 3.500, posso reduzir a 35, desprezando as duas ultimas letras. O 2.º de 3.600 bellamente se reduz a 36; e o 3º de 3.721 o reduzi a 37, desprezando em todos tres as ultimas duas letras. Temos logo que as diversas attracções da Lua em A, B, C são como 35, 36, 37; mas como são na razão inversa em A, ha de ser 37, em B he 36, em C ha de ser 35.*

*Vamos agora a medir exactamente as forças centrifugas nesses 3 pontos; e para isso vamos examinar onde fica o centro commum I. Os Astronomos modernos dão á terra hum pezo 71 vezes maior que o da Lua: logo he preciso medir a distancia do centro da Lua ao da terra, e repartillo em 72 partes; e escolher hum ponto I, que diste huma parte dessas do centro da terra; e 71 do centro da Lua: e esse ponto I será o centro commum.*

*Ora a distancia da Lua á terra, sendo 60 semidiametros, e cada semidiametro valendo 1.031 leguas, toda a distancia reduzida a leguas portuguezas, vale 61.860; e repartindo isto por 72, dá ao quociente 859 leguas, e desprézo huma pequena fracção. E por este modo já sabemos onde fica o centro commum I, que vem a ser 859 leguas distante do centro da terra B, e 172 leguas longe do mar A; porque 172 com 859 faz o semidiametro da terra, igual a 1.031 leguas.*

*Achando nós o lugar do centro commum I, temos a distancia delle aos 3 pontos A, B, C; porque de A dista 172. leguas, de B dista 859, e de C dista 1.890. Ora como as forças centrifugas são exactamente como as distancias, temos que as forças centrifugas do centro commum I são ncsta proporção*

*Em A ----- 172.*

*Em B ----- 859.*

*Em C ----- 1.890.*

*Falta reduzir estes numeros a outros menores, que tenham a mesma proporção, e vem a ser eles*

*172 Leguas --- ou 7.*

*859 L.----- ou 36.*

1.890 L. ----- ou 79.

Assim podemos pôr as 3 forças centrífugas do centro commum I em A como 7, em B como 36, em C como 79.

Combinemos agora as forças da attracção da Lua; e já vimos que

Em A he como ----- 37.

Em B vale ----- 36.

Em C vale ----- 35.

Temos logo que no centro B há força de attracção para a Lua 36, e a força ccntrífuga de I vale tambem36; e sendo contrarias, não fazem effeito algum.

Em A temos força de attracção 37

Temos que a força centrífuga de I vale 7

Sommão as forças com que A vai para a Lua 44

Em C a força de attracção vale 35

A força centrífuga vale 79

Descontando a menor da maior 44

E deste modo as aguas em A fogem para a Lua com força 44; em C fogem da Lua, e do centro da terra como 44; e eis-ahi a segunda maré igual á primeira: huma feita pela attracção da Lua, outra feita pela força centrífuga do centro commum. Eis-ahi a sentença de Bento de Moura Portugal, quanto á substancia. (pg. 214)

As páginas seguintes destinam-se a explicar a Máquina, apresentada no texto da Tese. No ponto V, da carta, Almeida vai *explicar as circunstancias, para que não fique esta doutrina manca*. Ai explica as particularidades das marés assim como os ciclos mensais e anuais. Termina, na página 225, dirigindo-se a *Eugenio*, o destinatário da carta,

“ He o que me ocorre para vos dar uma noção clara da doutrina das marés, segundo o que eu entendo que he verdade, e segundo a doutrina de Bento de Moura, que já publiquei em 61, e que delle aprendi em 43, como já vos disse. “ (pg. 225)

ANEXO E – Páginas do catálogo das obras do 4º Conde da Ericeira, existente em apêndice às *Fábulas de Eco Y Narciso*, de 1729, no qual se insere, entre outras obras de índole científico uma *Dissertação sobre as marés*.

## *da Ericeira.* 79

CATÁLOGO DAS OBRAS,  
com que immortalizou o seu nome o Conde da Ericeira.

### IMPRESSAS

1. **S**oneto , e Romance em aplauso do *Theatro Genealogico da Casa de Sousa* composto por Manoel de Sousa Moreira. Pariz por João Anisson 1694. f.
3. *Elogium Pentaglotton Latine , Gallicè , Italicè , Hispanicè , Lusitanicè in laudem R. P. D. Raphaelis Bluteau authoris Lexici Lusitanico Latini.* Coimbra no Collegio Real das Artes da Companhia de Jesu 1712. f. Está no principio do Tomo primeiro do Vocabulario do P. D. Rafael Bluteau.
2. *Relação do fitio , e rendimento da Praça de Miranda , que mandou o Mestre de Campo General D. João Manoel de Noronha.* Lisboa por Antonio Pedroso Galraõ. 1711. 4. sem o seu nome. Re-

## *da Ericeira.* 99

tor na Academia Portugueza este assumpto; Qual he mayor erro em hum Historiador, o da Geografia, ou o da Chronologia? Discurso, em que se prova que pela Algèbra, sendo a Arte mais util, não se podem aprender as outras Sciencias, e Artes: Que Arte he mais nobre, a Pintura, ou a Architectura?

*Difertação sobre as marès, e sobre a Teorica da Neuton.*

*Difertação sobre os Systemas do Mundo.*

*Utilidades da Mathematica, e Observaçoes Mathematicas, e Physicas.*

*Systema sobre a cauza das Febres, segundo a doutrina moderna; escrito pelo Author à instancia da Universidade de Coimbra, quando esteve naquella Cidade.*

*Concordancia da Logica Moderna com a antiga.*

*Difertação, em que se prova que a Abbada he o verdadeiro Unicornio, com*

N ii

o que

## ANEXO F - TEXTO DO ARTIGO DE HALLEY INSERIDO NA THEORICA.

Para mayor satisfação, e clareza do que respeita a os Phænomena particulares das Marés, concluiremos com o que aquele grande Astronomo, e profundo Geometra, o insigne Dr. Halley nos diz do seu Extracto da Theorica das Marés do nosso incomparavel Autor, a saber:

*“ Todas estas cousas succederiam regularmente se toda a Terra estivesse cuberta de hum Mar profundo; mas por causa dos vazios, ou menos fundura em alguns lugares, e do aperto dos Estreitos, por donde as Marés se propagam em muitos lugares, vem a resultar huma grande diversidade no effeito, de que se não pode dar a razão, sem hum exacto conhecimento de todas as circumsstancias dos lugares, corno, da situaçam da terra, e da largura, e fundura dos Canaes, por donde passam as Marés; porquanto, hum movimento imperdeptivel, e mui vagaroso de todo o corpo da Agoa, adonde he (por exemplo) duas milhas funda, bastará para levantar a sua superficie 10, ou 12 pés de altura no tempo da Maré.; sendo que, se a mesma quantidade de Agoa, fosse conduzida por hum Canal de 240 pés de fundura seria nessessária huma violenta corrente para levantar Maré em tam grandes passagens, como sam o Canal de Inglaterra, e ã Oceano de Alemanha; porque neste ultimo caso, he muito menos a quantidade de Agoa, que se põem em movimento, e assim para esta produzir Maré, he preciso, que seja muito mayor a sua força e velocidade, o que se faz evidente nos Estreitos, entre Portland, e o Cabo de Hague, em Normandia, adonde a Maré corre com uma fúria tam forte qué parece huma levada quando cahe de hum açude; e ainda seria mais forte entre Dover, e Calés, se a Maré não viesse arrodendo pela Ilha pela parte do Norte, que a enfraquece. E huma vez imprimida essa força na Agoa, continúa em levala acima do olivel da altura ordinaria no Oceano, especialmente a donde a Agoa encontra hum directo obstaculo, como em St. Malos, e adonde entra por hum Canal comprido, o qual em distancia grande pela terra dentro, se vay estreitando muito para a sua extremidade, como succede no Mar Severn, em Chipsiow, e em Bristol. Estes baxos do Mar, e intercurrencia dos continentes, sam a causa, porque no largo Oceano*

*naõ he a Maré chea no tempo do appulso da Lua a o Meridiano, mas sempre algumas horas depois; como se tem observado em toda a costa occidental de Europa, e Africa, desde Irlanda ate o Cabo de boa Esperança, na qual toda, huma Lua sudueste faz Maré chea, e o mesmo, se diz, acontece na parte occidental da América. Porem seria hum nunca acabar, o numerar todas as soluções particulares, que sam correntes corollarios desta Hypothesis; como, porque razão os Lagos, taes como o Mar Cáspio, o Mar Mediterrâneo, taes como o Mar Negro, os Estreitos, e o Baltico, naõ tem Marés rnanifestas? Porque os Lagos, naõ tendo communicaçam com o Oceano naõ podem augmentar, ou diminuir a sua Agoa, para haver de subir, e baxar. E os Mares que se communicam por passagens tam estreitas, e sam de huma extençam tam immensa, naõ podem em poucas horas receber, ou lançar de si Agoa bastante para fazer subir ou abaxar as suas superficies mamfestamente. Em conclusam, para fazer demonstravel a excellencia desta doutrina, basta o exemplo das Marés, no porto de Tunquim, na China, as quaes sam tam extraodinarias, e diferentes de todas as mais de que temos noticia ate agora. Neste, porto naõ há mais que huma enchente, e vasante em 24 horas; e duas vezes em cada mez, a saber, quando a Lua está junto do Equador, está estagnada a Agoa. e naõ há maré alguma. Mas com a Declinaçam da Lua principia a Maré, que he mayor que nunca, quando a Lua se acha nos Signos dos Tropicos; com a diferença somente, que quando está para o Norte do Equinocio, enche a Maré quando a Lua está acima da Terra, e vasa, quando está abaxo da mesma; de maneira, que faz Maré chea a o pôr da Lua, e a o sahir da Lua, Maré vasia. Mas pelo contrario, estando a Lua para o Sul, faz a o sahir Maré chea, e a o porse, Maré vasia; vasando todo o tempo que a Lua está acima do Horizonte; como se pode ver mais largamente nas Transaçoes Philosophicas, N° 162.*

*A causa deste extraordinário Phænomenon, diz o Cavalhero ISAAC NEWTON que he a concurrencia de duas Marés; huma propagada, em seis horas, do grande Mar do Sul, pela costa da China; a outra do Mar da India, de entre as Ilhas, em doze horas, pela Costa de Malacca e Cambodia. Huma destas Marés, como he produzida na Latitude do Norte, he mayor, como fica dito, quando a Lua, eftando a o Norte do Equador, se acha acima da Terra, e menor, cuando se acha abaxo da Terra. A outra dellas, propagada do Mar da Índia, sendo levantada na Latitude do Sul, he mayor quando a Lua, declinando para o Sul, se acha acima da Terra, e menor, quando se acha debaxo da Terra. De maneira que destas Marés alternativamente mayores, e menores, sempre vem*

*successivamente duas das mayores e duas das menores juntas cada dia; e a Maré chea sempre cahe entre os tempos, em que chegam as duas mayores enchentes; e a Maré vasia, entre os em que chegam as duas menores enchentes. E vindo a Lua a o Equador, e fazendose as enchentes alternativàs iguaes, .a Maré cessa, e estagna a Agoa. Mas quando a Lua tem passado da outra parte do Equador, aquellas enchentes que na primeira ordem eram as menores, vem a ser as mayores, e o tempo que entam era Maré chea, vem agora a ser o da Maré vasia, & é contra. Demaneira que toda a apparencia, ou Phenomenos destas extraordinárias Marés, se deduzem naturalmente sem violencia destes Principios, e he hum grande argumento da certesa de toda a Theorica.*

*Transaction. Philosoph. N° 2*