

DIVERSOS

GÊNESE A JÚPITER*

PETER MASON

Macquarie University, Austrália

INTRODUÇÃO

No dia 2 de março de 1972, um observador arguto postado em Ganimedes, uma das doze luas do planeta Júpiter, e que estivesse perscrutando o planeta Terra através de um telescópio poderoso, talvez tivesse notado um clarão de luz não distante do Equador. Um exame mais minucioso revelaria tratar-se de uma pequena espaçonave, que não chegava a ser maior que um carrinho Mini Minor, em rápida aceleração através da atmosfera da Terra e dirigindo-se depois para o próprio planeta Júpiter, numa incerta viagem de um bilhão de quilômetros de distância.

A viagem, por certo, nada tinha de monótona. Quase todos os dias a espaçonave era atingida por um meteorito, e no dia 16 de julho penetrou num enorme cinturão de asteróides, de 300 milhões de quilômetros de comprimento, localizado entre Marte e Júpiter. Navegando por entre essas rochas como o Capitão Cook o fez ao evitar os escolhos do Recife da Grande Barreira, a espaçonave emergiu intacta em fevereiro de 1973. Dez meses mais tarde, ao se aproximar do seu alvo, teria sido vista por nosso arguto observador bem alto no céu e, por um momento, poderia ter sido confundida com uma décima-terceira lua de Júpiter.

Mas a espaçonave Pioneer 10 não era apenas uma lua temporária; ocupava-se o tempo todo em transmitir para a Terra fotografias a cores e informações. Esse era o principal objetivo da sua viagem: e, à medida que se passava aquele dia de dezembro de 1973 e se completava a transmissão, o intenso campo gravitacional do maior dos planetas acelerava a Pioneer 10 como uma pedra volteada na extremidade de um fio e a lançava para fora do nosso sistema solar para sempre.

Os navegadores da espaçonave, que tinham planejado tudo is-

*Textos extraídos de "Genesis to Jupiter", de Peter Mason, publicado pela "Australian Broadcasting Commission", 1978 e traduzidos por Alexandre Addor Neto.

so, também tinham, como crianças que colocam uma mensagem numa garrafa e a lançam ao mar, gravado uma mensagem do lado de fora da Pioneer 10, mostrando um homem e uma mulher e algumas informações científicas sobre o nosso planeta, para qualquer pessoa ou coisa lá no espaço exterior que pudesse lê-la. Trata-se do primeiro objeto construído pelo homem a deixar o sistema solar, e sobreviverá, por milhões de anos, a nossas insignificantes obras aqui na Terra; e, a não ser que sofra uma improvável colisão ou seja capturada por seres inteligentes, prosseguirá indefinidamente na sua viagem, magnificamente preservada no vácuo quase perfeito, navegando através do silencioso mu seu do espaço.

Quer vejamos essa realização como um triunfo para a humanidade, que avança na construção de sua própria "Carruagem dos Deuses", ou como uma atividade megalomaníaca dirigida por tecnocratas ingênuos que não vêem os problemas prementes da humanidade aqui na Terra, foi, de qualquer forma, uma estupenda façanha de navegação; e a navegação, no caso, depende de tantos campos e envolve tantas pessoas que seu sucesso é uma medida do poder da sociedade humana, antes que da abstração que decidimos chamar de Ciência. Ela abrange reinos inteiros, da metalurgia, da tecnologia de materiais, de sistemas de instrumentação e controle, de eletrônica e comunicações, de televisão e de computação. E tudo isso organizado e reunido por uma enorme equipe de seres humanos: os novos navegadores.

Parece que estamos a uma grande distância dos velhos tempos de cálculo da posição do navio por meio de instrumentos rudimentares, quando o marinheiro definia o rumo pelas estrelas, ou, mais tarde, usava um compasso magnético primitivo ou, mais tarde ainda, um cronômetro. Mas foi a importância social da navegação que levou ao desenvolvimento científico de seus instrumentos e técnicas, a relógios precisos, aos telescópios e ao radar.

A questão do que se pode esperar que a ciência moderna faça pela humanidade parece, frequentemente, de uma dificuldade insuperável; mas, retornando ao passado para examinar de que maneira um assunto social e tecnológico como a navegação realmente se desenvolveu, poderemos ver, através dos nevoeiros do tempo, ao menos a sombra de uma resposta. E veremos também como, duas outras vezes no passado, o planeta Júpiter teve uma grande influência no destino da humanidade.

OS ANTIGOS NAVEGADORES

Existe um mito que tem persistido no tempo, no sentido de que os primeiros navegadores que se lançaram ao mar progrediam viajando

ao longo da costa. Num litoral desconhecido, seria um método que certamente traria problemas, e esse mito reflete a ignorância que se tem dos meios de navegação utilizados pelos marinheiros primitivos.

O Livro do Gênese, quando fala do dilúvio, nos conta que Noé, do convés da Arca, soltou um corvo; e que, depois, soltou um pombo.

O que Noé estava fazendo? Simplesmente, executando um ato corrente da prática de navegação. Carregar no navio uma gaiola com pássaros que avistavam a costa era um procedimento padrão. Existe um relato desse método na saga dos vikings. O navegador viking Floki, viajando de Shetland à Islândia, levou consigo uma gaiola de corvos. Com uns poucos dias no mar, soltou um dos pássaros, que voou para trás, na direção da popa, dando uma referência do ponto de partida. Posteriormente, ele soltou um segundo corvo, que voou até um ponto muito alto mas em seguida retornou ao navio, mostrando que não havia terra à vista. Depois ainda, um terceiro pássaro voou na direção em frente, da proa, indicando a posição onde se encontrava a Islândia.

Esse método estende o âmbito visual de observação acima da curvatura da Terra. Um pássaro que se eleva a uma altura de 200 metros pode ver um pequeno penhasco a mais de 60 quilômetros de distância, enquanto um observador no barco não o veria até que estivesse a uns 15 quilômetros.

Embora os pássaros destinados a encontrar terra já tenham sido abandonados há muito tempo na Europa, os navegadores das ilhas do Pacífico ainda usam observações do comportamento dos pássaros. As andorinhas-do-mar voltam para a terra no crepúsculo. Avistar um desses pássaros na alvorada ou no crepúsculo mais do que dobra o alcance visual que o navegador tem das ilhas. Esses insulanos não levam em suas canoas pássaros para indicar o litoral, nem carregam qualquer outro equipamento de navegação. No entanto, navegam em mar aberto, em viagens de centenas de quilômetros.

Como conseguem fazê-lo? Construindo um mapa mental, a partir da observação de muitos sinais naturais durante a viagem. Não apenas o vôo de pássaros, mas também as cores do mar; a fosforescência por sob as ondas; a formação de nuvens acima de ilhas distantes; e, sobretudo, é claro, as estrelas.

Os habitantes das ilhas Carolinas usam um compasso estelar contendo 32 direções distintas; estas não correspondem aos pontos do nosso compasso de marinheiro comum, mas cada uma é definida pelo nascente ou poente de uma determinada estrela ou constelação. Na sua primeira viagem o Capitão Cook levou consigo um taitiano chamado Tupya, que se distinguiu por seu conhecimento náutico das estrelas; ele po

dia usá-las como um relógio e, assim, determinar a hora da noite. Na sua expedição posterior, contudo, Cook estava equipado com um relógio de verdade: o fabricado por John Harrison, que ganhou o prêmio de vinte mil libras esterlinas por precisão no mar. Ainda falaremos deste famoso relógio mais adiante nesta estória.

A astronomia foi praticada pelas civilizações antigas de duas maneiras bem diferentes e com dois objetivos bem distintos. Naquela época as estrelas serviam para a marcação de tempo dos marinheiros e dos camponeses, enquanto os movimentos do Sol e da Lua eram usados pelos sacerdotes para elaborar o calendário.

No Egito, a religião se preocupava com a vida após a morte - as pirâmides são os seus monumentos funerários. A astronomia era necessária para prever as inundações do Nilo, e os sacerdotes desenvolveram uma forma de escrita pictórica para resolver o problema do registro. Mas na Mesopotâmia a religião se preocupava mais com o bem-estar neste mundo. O registro do movimento das estrelas e as práticas de magia a ele associadas se dirigiam mais ao presente do que ao futuro.

Um pouco mais tarde, há cerca de quatro mil anos, veio o apogeu da grande civilização marítima de Creta. Grandes palácios foram construídos em Knossus e Feistos, e os navios cretenses singravam o Mediterrâneo de um extremo ao outro. Ainda hoje se encontram, em Creta, as ruínas dos palácios e das estátuas. Existem gravuras mostrando os grandes navios movidos a velas e remos. Os reis viviam nos palácios, os navegadores guiavam-se pelas estrelas, mas quem manejava os remos? Quem realmente se beneficiou de todo esse conhecimento dos ventos, e das ondas, e das estrelas? Será que os cidadãos de Creta viviam todos numa Idade de Ouro até que uma violentíssima sucessão de terremotos abalou toda essa ilha misteriosa - a terra do Minotauro - e levou para o fundo do mar a fabulosa terra de Atlântida?

"Quem construiu as sete portas de Tebas?

Os livros estão repletos de nomes de reis.

Foram reis os que arrastaram os enormes blocos de pedra?

E Babilônia, tantas vezes destruída,

Quem a reconstruiu a cada vez?

Em quais das casas de Lima,

Essa cidade resplandesciente de ouro, viviam os que a construíram?

Nas noites em que a muralha da China se acabou de fazer,

Para onde foram os pedreiros?

A Roma Imperial está cheia de arcos do triunfo. Quem os erigiu?

Sobre quem triunfaram os Césares?

*Bizâncio vive na canção,
Eram palácios todas as suas moradias?
E mesmo na Atlântida da lenda na noite em que o
mar a invadiu, os homens que se afogavam ainda berravam por
seus escravos."*

(B. Brecht)

Depois desses desastres, os cretenses migraram para o leste, deixando sua ilha e desembarcando na Grécia, Jônia e Palestina. Tornaram-se uma ameaça para os egípcios, que os chamavam de filisteus, o Povo do Mar.

Pois neste Mediterrâneo da Idade do Bronze uma nação sobreviveu por sua capacidade de navegar frotas para o comércio e a guerra. As batalhas navais foram romantizadas na lenda. Helena de Tróia lançou seus mil navios; mas precisamente essa Guerra de Tróia exauriu os gregos, e o papel de potência marítima dominante no Mediterrâneo foi assumindo pelos fenícios - mestres como comerciantes, marinheiros e navegadores.

Dos livros de história se poderia facilmente ter a impressão de que os gregos entravam agora numa Era de Trevas - mais de quatro séculos de obscuridade. O que isso realmente significa é que não houve grandes calamidades, desastres nacionais, guerras ou rebeliões, em suma, nenhum melodrama do tipo apreciado por jornalistas de terceira categoria e livros de história antiquados.

Quem pode dizer se a sorte do grego comum durante esses quatro séculos foi melhor ou pior do que anteriormente? O que se pode dizer é que durante esse período a Grécia realizou dois progressos sociais que iriam transformar a civilização ocidental; tomados em conjunto, formam o primeiro elo numa cadeia que se estende até a navegação da espaçonave Pioneer 10 da Terra a Júpiter, e além.

O primeiro desenvolvimento foi a adoção pelos gregos do alfabeto semítico; eles o tomaram dos comerciantes fenícios e o completaram acrescentando as vogais.

O segundo desenvolvimento, um conceito revolucionário e explosivo pelo seu efeito, também se originou das operações de comércio. Foi a invenção do dinheiro cunhado, que fazia a abstração do valor das mercadorias ou objetos numa troca, e foi o germe de todo um novo modo de pensamento abstrato. Esse progresso se deu não na Grécia continental, mas na Jônia, a terra que hoje constitui a costa ocidental da Turquia.

INTERVALO

Mas a Estrada de Ouro não terminava em Samarcanda: continuava, numa distância duas vezes maior, através da Grande Muralha e a-

tê o coração da China. E os mercadores, com seus tecidos adamascados, seus óleos e suas especiarias, não retornavam somente com seda e marfim. Traziam o que tinham ido buscar: conhecimentos.

Tratava-se de conhecimentos que não deveriam ser conhecidos?

De certo, coisas importantes originavam-se da China, passavam por Samarcanda e chegavam a Bagdá, difundindo-se em seguida pela Europa no período medieval. O alto forno, o relógio e o moinho de vento foram das inovações menores que transformaram o Ocidente. A pólvora destruiria as fortificações da sociedade feudal européia, e armaria os navios das grandes navegações colonizadoras que abririam o mundo inteiro para a empresa capitalista européia. O papel e a imprensa deveriam, da mesma forma, fazer explodir o pensamento opressivo e estático da sociedade feudal e democratizar o conhecimento das artes, dos ofícios e das ciências.

A própria navegação seria revolucionada por duas aquisições originárias do Oriente: o leme de popa e o compasso magnético. Os oceanos do mundo se encontravam agora abertos ao tráfego comparativamente seguro de navios. Em 1450, o Príncipe Henrique, o Navegador, reuniu todos os livros disponíveis, antigos e modernos, sobre navegação, astronomia e geografia, e empenhou-se na descoberta de como chegar aonde ele queria ir, que era onde se encontrava o dinheiro. E era do outro lado do mundo - as fabulosas ilhas das Especiarias, o que hoje chamamos de Indonésia.

O sucesso dessas primeiras viagens criou uma grande demanda para a construção naval e a navegação, e deu origem a uma nova classe de artesãos, com conhecimentos de matemática, que trabalhavam na feitura de compassos, mapas e instrumentos. Escolas de navegação se espalharam por toda a Europa, inclusive a do Príncipe Henrique, nas quais jovens brilhantes eram treinados nos novos ofícios. O movimento das estrelas tinha adquirido um valor de mercado. O enredo de "O Mercador de Veneza", de Shakespeare, gira em torno do destino dos navios de Antonio, perdidos em virtude de má navegação nas perigosas areias de Goodwin.

Assim sendo, falarei sobre o poderoso Galileu, descobridor das luas de Júpiter, dividido entre a Igreja e o Estado, entre os Céus e a Terra, e que tirou um bom dinheiro dos Senadores de Veneza vendendo-lhes um telescópio com o qual podiam detectar a aproximação de um navio mercante antes que a notícia tivesse chegado à Bolsa de Valores da cidade, o Rialto. E seguirei a irresistível ascensão da ciência da navegação, que caminhava em paralelo bem próximo com a ascensão da ciência moderna e a ascensão do capitalismo, todos esses fenômenos experimentando, na época, uma espécie de mudança de vida.

Início com a Europa cheia de esperanças no princípio do século XVII, renascidos a autoconfiança e o dinamismo dos antigos jovens, a Inglaterra no apogeu da Era Elisabetana. Jean Fernel, Médico do Rei de França, o homem que introduziu os termos fisiologia e patologia, fez um resumo preciso do espírito que prevalecia na época.

"Esta nossa era vê a arte e a ciência gloriosamente renascidas, de pois de doze séculos de desfalecimento. A arte e a ciência hoje igualam seu antigo esplendor, ou o superam. Esta era não precisa, em qualquer campo, desprezar a si própria, e suspirar pelo conhecimento dos Antigos... Nossa era está hoje fazendo coisas com as quais a antiguidade não sonhava... O oceano foi cruzado pela proeza de nossos navegadores, e novas ilhas descobertas. Os longínquos recessos da Índia se acham revelados. O continente do Ocidente, o chamado Novo Mundo, desconhecido de nossos antepassados, tornou-se em grande parte conhecido. Em tudo isso, e no que se refere à astronomia, Platão, Aristóteles e os velhos filósofos realizaram progressos, e Ptolomeu acrescentou muita coisa mais. No entanto, se um deles voltasse hoje ao mundo, encontraria a geografia alterada a ponto de ser impossível reconhecê-la. Um novo globo nos foi dado pelos navegadores de nossa época."

Os navegadores da nossa época também nos deram novos globos, inclusive o grande globo de Júpiter, mas veremos como, ao fazê-lo, abriram novas perspectivas para o sonho baconiano de subordinar a ciência ao serviço do povo.

A MENSAGEM DAS ESTRELAS

0 ano: 1600. A excitação cultural do Renascimento difunde-se a partir da Itália e penetra na Europa Setentrional. Na França, os trabalhos de Rabelais levam a literatura ao povo. Em Londres, a peça "Júlio César" é apresentada a platéias repletas no Globe Theatre. Shakespeare, que trabalha na sua nova peça "Hamlet", é interrompido pela rainha Elisabeth, já idosa, que lhe solicita que escreva uma peça mostrando Falstaff apaixonado. Em Delft, Holanda, uma menina que se encontra na loja de um oculista olha, através de uma lente que segura em sua mão, outra lente exposta na vitrina e vê, ampliadas, as casas do outro lado do canal congelado. Já com grande atraso, o telescópio é inventado.

Quer seja verdadeira ou não essa estória da menina, começam a ser fabricados em Delft telescópios para venda, e em pouco tempo

um deles chega às mãos daquele velho italiano turbulento, Galileu. Com verdadeiro espírito científico, decidiu que poderia, ele próprio, fazer um telescópio muito mais poderoso, e, dentro de uma semana, já tinha visto o bastante para se convencer de que o universo de Aristóteles, com centro na Terra, era tolice. Pôs-se a trabalhar para fornecer suporte experimental ao sistema solar de Copêrnico, centrado no Sol - o sistema que fora proposto 2500 anos antes em Samos.

A primeira utilização que Galileu fez de seu telescópio não foi na direção dos céus, mas, caracteristicamente, muito terra-a-terra. Ele convidou os Senadores de Veneza a subirem até o topo da torre de São Marcos, para uma demonstração que obteve um sucesso espetacular. Três dias mais tarde apresentou ao Senado seu telescópio, juntamente com uma carta em que explicava que o instrumento, que magnificava os objetos nove vezes, se revelaria de extrema importância na guerra, pois possibilitava ver

"velas e embarcações a uma tal distância que se passariam duas horas antes que fossem vistos a olho nu, velejando a toda velocidade porto adentro".

O Senado de Veneza, reconhecido, prontamente dobrou o ordenado de Galileu e tornou vitalícia sua cátedra na Universidade de Pádua.

Mas, a seguir, ele passou a examinar os céus. Publicou suas observações num livro, "Sidereus Nuncius", O Mensageiro das Estrelas, que caiu como uma bomba nos círculos científicos e teológicos da época. Galileu mostrava que a superfície da Lua não era perfeitamente lisa, como fora suposto, mas cheia de irregularidades, com montanhas e vales, exatamente como a superfície da própria Terra. Descrevia centenas de estrelas nas constelações e na Via Láctea que nunca tinham sido vistas e de cuja existência nem mesmo se suspeitara antes. Mas deixou a principal revelação para o finalzinho:

"resta ainda a matéria que parece merecer ser considerada a mais importante deste trabalho, a saber, que devo revelar e tornar pública para o mundo a ocasião do descobrimento e observação de quatro planetas, jamais vistos desde o princípio do mundo até o nosso tempo".

Os quatro novos "planetas" eram na verdade satélites - luas girando em torno do planeta gigante de Júpiter. Sempre um oportunista, Galileu tentou vender os títulos dessas luas ao Duque de Florença, ao Rei de França e ao Papa; mas fracassou em seu intento. Acabou chamando-as de Estrelas Medicinas, em honra de Cosimo de Me-

dici, Grão-Duque da Toscana, de quem pretendia obter o posto de Matemático da Corte.

Tanto a personalidade irascível de Galileu quanto o fato de que estava desafiando a sabedoria convencional provocaram enorme hostilidade entre os seus contemporâneos, culminando com o seu julgamento e punição pelo Santo Ofício da Igreja Católica. Mas uma voz poderosa se elevou desde o início em apoio a Galileu - a voz do mais importante astrônomo da Europa, o Matemático da Corte Imperial de Praga, Johannes Kepler.

Nessa época, Kepler estava elaborando as três leis do movimento planetário que serviriam de ponto de partida para as leis de movimento de Newton, fundamento da ciência física como a temos hoje. Ele vinha se esforçando para enquadrar os movimentos observados dos planetas dentro da débil luz mística de um universo pitagórico, construído em torno das figuras mágicas: o cubo, o tetraedro, o dodecaedro e assim por diante; mas agora, lançando-se na briga, publicou uma carta aberta em apoio a Galileu, que intitulou "Conversação com o Mensageiro das Estrelas". Nessa carta, Kepler não falava de seu próprio trabalho, mas dava suporte integral às observações e idéias de Galileu. O texto continha um trecho profético, cheio de significado:

"não haverá, certamente, falta de pioneiros humanos quando tivermos dominado a arte de voar. Quem teria imaginado que a navegação através do vasto oceano é menos perigosa e mais tranquila do que no estreito e ameaçador golfo do Adriático, ou no Báltico, ou nos Estreitos Britânicos? Criemos embarcações e velas apropriadas ao éter celeste, e haverá muitas pessoas sem medo da imensidão vazia; entrementes, prepararemos, para os bravos viajantes do céu, mapas dos corpos celestes. Eu o farei para a Lua; você, Galileu, para Júpiter".

Que espírito corajoso! Planejando as viagens para a Lua e para Júpiter mais de três séculos antes que elas realmente ocorressem. Mas ainda mais notável foi a sua compreensão de que os grandes problemas da navegação no espaço são de fato mais simples e menos arriscados do que muitos problemas que enfrentamos aqui na Terra.

E foi nessa época, no próprio nascimento da ciência moderna, que emergiu uma idéia poderosa: a idéia de que uma lei científica geral podia ser extraída a partir de muitas observações cuidadosas de um sistema particular. Da mesma forma que os geometras gregos tinham derivado seus teoremas sobre os triângulos e os algebristas seus poderosos novos métodos de cálculo, assim também os filósofos naturais,

os físicos, conseguiram agora extrair as leis de movimento a partir do sistema solar, e, dessa maneira, desencadear a primeira revolução científica.

Na peça de Brecht, Galileu é desafiado por um monge que afirma ver perigo para a humanidade em demasiada pesquisa não submetida a controle. O perigo, diz ele, é para a paz de espírito do povo, dos camponeses. As descobertas desafiarão sua fé, e é somente a fé que torna a sua vida suportável. Galileu concorda que os camponeses são a questão real, e não os planetas. Mas prossegue dizendo:

"Não podemos inventar maquinaria para bombear água do rio se não pudermos estudar a maior maquinaria que se encontra diante de nossos olhos, a maquinaria das estrelas."

A NAVEGAÇÃO E AS LUAS DE JÚPITER

A maquinaria das estrelas foi imediatamente posta a serviço de um problema humano real, o problema da navegação. A navegação europeia tinha avançado além da dos antigos, com a ajuda da China. A grande rota da seda, através de Samarcanda até o interior da China, tinha se prestado a um tráfego nos dois sentidos, e entre os itens de particular importância para a navegação que de lá provieram estavam o leme de popa e o compasso magnético.

Se os chineses eram tão bons na navegação, por que a sua marinha não tinha maior relevância? Até o final do século XV, ela teve muita importância. Existiu um almirante chinês, Cheng Ho, que provavelmente teria estabelecido o Império Chinês na Grã-Bretanha por essa época, se não tivesse sido destituído pelo Imperador. Pouco antes da viagem de Colombo, ele tinha uma grande frota com cerca de quatro mil marinheiros, que navegou por todo o litoral da Índia, ocupou o Ceilão e prosseguiu até a costa da África. Dentre as lembranças que levaram de volta a Pequim estava uma girafa. Mas o Imperador disse: "Não aprovo esse animal, ele não deveria existir"; mais provavelmente, ele não aprovava essas viagens, pensando: "se um almirante é tão poderoso e pode conquistar um reino, como saberei que ele não se lançará (em busca do poder) por conta própria?" Assim sendo, Cheng Ho foi destituído e um édito imperial foi proclamado na China: "Não mais serão empreendidas viagens marítimas ao estrangeiro".

Colombo era um físico teórico, com um interesse secundário em navegação. Todos sabiam que a Terra era redonda, embora houvesse muitas idéias diferentes sobre o seu tamanho. Como Colombo estava ten

tando vender sua expedição, tomou o menor de todos os diâmetros que tinham sido sugeridos, porque, se tivessem sabido as reais dimensões da Terra, ninguém o teria financiado. Finalmente, ele conseguiu o dinheiro da Rainha Isabel, da Espanha. Os portugueses tinham o monopólio do comércio com o Oriente, e os espanhóis tinham a esperança de que Colombo pudesse romper esse monopólio navegando à volta do mundo e chegando à China pelo Ocidente, ao invés de fazê-lo em sentido contrário.

Aconteceu, como se sabe, que a América estava no meio do caminho. Entretanto, embora tenham aportado com segurança, os navegantes tiveram enormes dificuldades durante o percurso no Atlântico, enfrentando o maior problema de navegação ainda não resolvido: como encontrar a longitude, ou seja, em que ponto o navio se encontra para o leste ou para o oeste. A agulha do compasso mostrava a direção; observações do Sol, da Lua ou das estrelas davam a latitude, indicando a que ponto do norte ou do sul a embarcação se encontrava. Mas, para estabelecer precisamente a posição, era necessário também saber o ponto exato com relação ao leste e ao oeste. Era esse o problema não solucionado da longitude. E é aqui que as luas de Júpiter entram na estória novamente.

Já fora compreendido havia muito tempo que se podia estabelecer com precisão a longitude medindo-se exatamente o tempo em relação a, digamos, o ponto de partida, ou, melhor ainda, ao Tempo Padrão em Greenwich: o Tempo Médio de Greenwich. A dificuldade era que ninguém tinha um relógio que conseguisse marcar o tempo com a exatidão necessária. A Terra, ao girar, perfaz uma revolução a cada vinte e quatro horas; a sua superfície está dividida em 360° de longitude, de modo que ela gira 15° por hora, ou 1 grau a cada 4 minutos. Um grau em latitudes européias corresponde a cerca de 80 quilômetros; assim sendo, para saber uma posição com a precisão de um quilômetro, é necessário conhecer o tempo com uma exatidão de $\frac{1}{80}$ de 4 minutos - isto é, cerca de 3 segundos. Portanto, o desvio é de um quilômetro para cada 3 segundos de erro na marcação do tempo.

Mas nos dias de Shakespeare, Galileu e Newton, os melhores relógios não atingiam um erro menor que cerca de 10 segundos por dia, dando um erro possível de posição de mais de 3 quilômetros. Numa viagem de seis semanas, podia-se chegar com um desvio de mais de 100 quilômetros para leste ou para oeste do ponto em que se julgava estar. E mesmo esse cálculo era otimista, porque esses relógios "melhores" eram de pêndulo, e não operavam de maneira confiável a bordo de um navio, afetados pelo seu balanço.

A situação era sem dúvida séria. Muitas vidas e muitos na-

vios perderam-se no mar em virtude de navegação imprecisa. Mas em 1707 a questão chegou a um ponto decisivo. A frota inglesa, inadvertidamente, dirigiu-se às ilhas Scilly e chocou-se contra rochedos; dentre uma longa lista de marinheiros que morreram afogados achava-se o nome do Almirante da Frota, Sir Cloudesley Shovell. Dois matemáticos eminentes escreveram para a imprensa, declarando que esse chocante desperdício de vidas fora devido à ignorância da longitude, e era evitável. Os dois eram William Whiston, recentemente nomeado professor catedrático de matemática em Cambridge, mas expulso por causa de uma acusação de heresia, e Humfrey Ditton, que conseguira um posto especial de professor de matemática no Christ's Hospital através da influência de Isaac Newton.

Embora esses dois matemáticos, apoiados por Newton, afirmassem ter resolvido o problema da longitude, sua solução tipicamente acadêmica não tinha qualquer valor prático. Consistia em colocar vários cascos em posições exatas, a partir de cada um dos quais seriam emitidos sinais simultâneos de luz e som, de modo que o intrépido navegador (que também seria um excelente matemático) veria e ouviria esses sinais e computaria a posição exata do navio.

Mas enquanto esse e numerosos outros esquemas esquisitos estavam sendo considerados e rejeitados, a marinha francesa tinha melhorado a sua navegação com a ajuda de um relógio bem preciso lá no alto do céu: Júpiter e suas luas satélites. O eclipse da Lua tinha sido utilizado para determinar o tempo, e portanto a longitude, desde, pelo menos, os gregos antigos. Mas, enquanto o eclipse da Lua é um acontecimento relativamente raro, eclipses das luas de Júpiter são visíveis mais de uma vez por semana. Providos de um dos novos telescópios e de um almanaque que indicava os tempos exatos em que uma lua desaparece por trás da borda de Júpiter, os galantes marinheiros podiam, portanto, contar em obter, de um modo geral, uma referência exata com intervalos de poucos dias.

A NAVEGAÇÃO E O RELÓGIO

É claro que não é tão fácil assim observar as luas de Júpiter quando se está observando o céu com um telescópio no convés de um navio jogando no meio do Atlântico. Poderia ser um pouco mais fácil se os seus olhos não tivessem sido estragados pelas durezas da civilização. Lembro-me de ter assistido, ainda menino, a uma conferência do Astrônomo Real, Sir Spencer Jones, na qual ele relatava uma estória de uma expedição que fez através do deserto de Kalahari. Fazia parte do grupo um jovem núbio que, durante toda a sua vida,

tinha se levantado ao alvorecer e deitado ao por do sol. Entretanto, numa certa ocasião, todos estavam ao ar livre logo após o cair da noite e Spencer Jones admirava o céu que brilhava repleto de estrelas. Apontou em particular para a esfera luminosa de Júpiter. "Você está apontando aquela estrela grande com três pequenas próximas dela?" perguntou o núbio. Spencer Jones, é claro, achou que estava sendo vítima de uma troça, e esperou até que houvesse um eclipse de uma das luas; perguntou ao núbio como o planeta aparecia agora para ele, e obteve a seguinte resposta: "uma estrela brilhante com DUAS estrelas pequenas muito perto dela"! Testes posteriores o convenceram de que o núbio não fora informado por alguém que soubesse ler o almanaque, onde havia o registro dos eclipses.

Mas a combinação de precisar usar o telescópio e fazer cálculos a partir de tabelas, embora servisse à Marinha francesa, revelou-se uma conjunção de obstáculos grande demais para a britânica. Além disso, havia a dificuldade de que Júpiter nem sempre aparecia no céu de noite. Depois do naufrágio do almirante britânico, a opinião pública se sensibilizou e se proclamou que era necessário um método que fosse "fácil de ser entendido e praticado por marinheiros comuns, sem a necessidade de qualquer cálculo complicado de astronomia". Foi apresentado um projeto de lei no Parlamento, tendo sido aprovada em 1714 uma lei "Para estabelecer uma recompensa pública para a pessoa ou pessoas que venham a descobrir a longitude no mar". Foi constituída uma Junta de Longitude, que incluía tanto marinheiros quanto estudiosos do assunto. O Governo britânico estipulou um prêmio de vinte mil libras para quem conseguisse formular um método que permitisse calcular a longitude de um navio com um erro menor do que 30 milhas ao final de uma viagem para as Antilhas. Newton tinha afirmado que o que se queria era "um relógio para marcar o tempo com exatidão, ... mas, em virtude do Movimento do Navio, da variação do Calor e do Frio, Sequidão e Umidade, e da diferença de Gravidade e da diferença de Latitude, um tal relógio ainda não foi fabricado". Seus rivais - Huygens e Hooke - tentaram, ambos, fazer esse relógio, mas fracassaram; o pêndulo de Huygens por causa do movimento do navio, e o relógio de Hooke porque a expansão do metal provocada por mudanças de temperatura não era suficientemente compreendida naquela época.

O prêmio foi finalmente atribuído a John Harrison, um carpinteiro de Yorkshire, que construiu um relógio feito com barras de latão e de ferro, para compensar as variações na tensão das molas de equilíbrio em temperaturas diferentes. Ele levou 30 anos para completar a versão final do seu relógio vencedor do concurso, e mais

cinco anos discutindo com a Junta para conseguir receber o dinheiro da recompensa. Mesmo então, deram-lhe apenas metade do prêmio estipulado. Uma cópia exata do cronômetro de Harrison foi fabricada e transportada pelo Capitão Cook a bordo do Resolution em 1772. Um registro no seu diário de bordo, lançado no final da sua segunda viagem, diz o seguinte:

"Sábado, 19 de julho de 1775. Chegamos à terra em Plymouth, Maker Church, às 5 horas da tarde. Posição Norte 100° Oeste distante 4 léguas. Essa posição e distância mostram que o erro do relógio em longitude foi de apenas 7 minutos e 45 segundos, ou seja, um desvio de menos de 6 milhas para o Oeste".

A LUZ E O RÁDIO

- A - Desse modo, o problema da navegação em mar aberto foi finalmente resolvido por um carpinteiro inglês que virou relojoeiro e fabricou um relógio tão preciso que podia ser usado para estabelecer a distância com um erro de poucos quilômetros mesmo em alto mar.
- B - Bem, não foi exatamente isso; esse, na verdade, foi só o início.
- A - Você quer dizer que a precisão atingida foi muito maior?
- B - É claro que a exatidão do relógio foi sendo continuamente aperfeiçoada. Não, o que realmente queria dizer é que foram introduzidos métodos inteiramente novos, tão radicalmente diferentes que podem ser usados para a navegação não somente no mar, mas de baixo d'água, no ar, ou até mesmo distante da Terra, no espaço sideral.
- A - E como se chegou a esse ponto a partir de um relógio mecânico?
- B - Bem, tudo começou com as luas de Júpiter, um estudo de...
- A - Mas espere um momento. Eu tinha pensado que a idéia de ter um relógio preciso a bordo era exatamente para evitar ter de observar as luas de Júpiter para saber o tempo correto...
- B - É verdade. Mas, por meio do estudo das luas de Júpiter, tinha sido feita uma descoberta fundamental que levou não só a esses métodos de navegação radicalmente novos, mas também a outras maravilhas como a televisão e o rádio.
- A - Que descoberta foi essa? E quando foi feita?
- B - Não há mais que trezentos anos. Um jovem astrônomo dinamarquês chamado Ole Römer viera medindo cuidadosamente os tempos exatos em que a primeira lua de Júpiter se eclipsava à medida que girava em torno desse grande planeta.

Römer - "Venho observando o primeiro satélite de Júpiter há oito anos. O satélite se eclipsa durante cada órbita do planeta, ao entrar em sua vasta sombra. Observei que os intervalos entre os eclipses va
riam. São menores quando a Terra se move mais perto de Júpiter e maiores quando ela está mais distante dele. Isso sô pode signifi-
car que a luz leva tempo para se transmitir através do espaço. Pois parece que o satélite viaja em torno do planeta mais rápido cada vez que a Terra se aproxima dele. Como é improvável que exis-
ta qualquer ligação misteriosa entre a Terra e o satélite de Júpiter, o fenômeno sô pode ser explicado pela idéia de que a luz leva tempo para ser transmitida. A velocidade deve ser tão grande que a luz que nos vem de Júpiter leva 22 minutos a mais para nos atingir no ponto mais distante de nossa órbita em torno do Sol do que no outro ponto extremo da órbita quando estamos na posição mais próxima de Júpiter. Isto é, a luz leva cerca de 10 minutos para viajar do Sol até a Terra; ela não viaja instantaneamente, como afirmou o Sr. Descartes".

- A - Mas, apesar disso tudo, ele não disse qual é realmente a velocidade da luz!
- B - Bem, isso não é nada surpreendente, pois Römer não possuía dados suficientes para calcular a velocidade; ele sabia somente o tempo que a luz levava para atravessar a órbita da Terra - simplesmente não sabia qual era realmente a distância. Logo em seguida, entretanto, dois astrônomos franceses fizeram observações que lhes possibilitaram determinar o diâmetro da órbita da Terra. Outros estudiosos então dividiram esse diâmetro pelos 22 minutos de Römer para calcular a velocidade da luz pela primeira vez. Ela é de cerca de 300.000 quilômetros por segundo.
- A - Mas tenho certeza que meus livros-textos dizem que Römer foi o primeiro homem a descobrir a velocidade da luz.
- B - Lamento, mas trata-se de um erro vulgar típico de nossos manuais. Damos crédito a Römer pelo que ele não fez, e deixamos completamente de lado a descoberta fundamental que fez. Römer conseguiu responder à questão que Galileu, Descartes e outros não tinham conseguido solucionar. Segundo os valores do século XVII, a demonstração de que a propagação da luz leva um tempo finito era muito mais importante que o próprio cálculo da velocidade. Os problemas científicos no século XVII eram definidos de forma muito diferente do que seriam hoje. O cientista do século XX está enredado nos modos de pensamento do nosso século, e acha muito

difícil imaginar como o problema teria aparecido no século XVII. Entretanto, trata-se de um esforço que vale a pena fazer, já que pode ajudar-nos a prever a natureza dos problemas sociais e científicos que nos desafiarão no século XXI.

- A - Talvez tenha razão, mas não consigo entender qual a relação da velocidade da luz com os problemas da navegação ou de marcar o tempo com precisão a bordo de um navio.
- B - Bem, durante uns duzentos anos após a descoberta de Römer, não houve absolutamente nenhuma relação. Mas no século XIX os grandes avanços na compreensão da eletricidade e do magnetismo realizados por cientistas como Volta, Ampère e Faraday foram sintetizados por Clerk Maxwell numa teoria que fazia uma previsão profunda sobre a própria natureza da luz. Maxwell mostrou como podiam existir ondas de força elétrica e magnética combinadas - as chamadas ondas eletromagnéticas. A surpresa aconteceu quando ele calculou sua velocidade a partir de dados experimentais e concluiu:

"Esta velocidade está tão próxima da velocidade da luz que parece haver fortes razões para concluirmos que a própria luz (inclusive o calor radiante e outras radiações) é uma perturbação eletromagnética sob a forma de ondas".

- B - Como a maioria das boas teorias científicas, esta teoria não foi aceita imediatamente; em particular, a idéia de que a luz era uma forma de onda eletromagnética foi tomada como pura especulação.

Mas há cerca de cem anos Heinrich Hertz decidiu-se a justificar a teoria de Maxwell, tanto em bases teóricas como experimentais. Seu experimento fundamental foi usar uma faísca elétrica como transmissor da perturbação elétrica. Hertz sabia que as oscilações elétricas de alta frequência ocorriam no circuito que contém a faísca elétrica; assim sendo, fabricou um detector com um pedaço de fio curvado de tais dimensões que estava exatamente sintonizado com a frequência dessas oscilações.

Sem que o soubesse, Hertz fora antecedido em sete anos por David Hughes, que demonstrou com êxito a detecção de sinais de um transmissor de faíscas (centelhas) a 800 metros de distância usando um microfone primitivo. Ele afirmava que os sinais eram transmitidos por ondas elétricas através do ar. Infelizmente, os eminentes cientistas presentes, inclusive o Presidente da Royal Society e o Eletricista-Chefe dos Correios britânicos, adotaram a opinião de que o efeito podia ser explicado por indução eletro

magnética comum, e não provava a existência de ondas elétricas.

Mas os experimentos de Heinrich Hertz eram mais elaborados e ele foi mais feliz na sua aceitação (pela comunidade científica). Ele mostrou que as ondas eletromagnéticas produzidas por uma centelha elétrica se deslocavam em linhas retas e que elas eram refletidas e refratadas exatamente do mesmo modo que a luz; além disso, sua velocidade muito alta era próxima da da luz, na verdade, provavelmente igual a esta:

"Apliquei a expressão 'raios de força elétrica' aos fenômenos que investiguei. Poderia, talvez, designá-los ainda como raios de luz de comprimento de onda muito grande. O experimento descrito pareceu-me, de qualquer forma, perfeitamente adequado para eliminar qualquer dúvida quanto à identidade da luz, do calor radiante e do movimento da onda eletromagnética".

- A - Ah, agora eu vejo aonde você quer chegar: isso era, na verdade, uma forma primitiva de rádio. Uma vez desenvolvido o rádio, podia-se enviar aos navios no mar mensagens em código Morse, e fornecer-lhes sinais de tempo com uma precisão de fração de segundo. O problema de encontrar a longitude estava verdadeiramente resolvido, não é?
- B - Em princípio estava, sem dúvida. E o desenvolvimento da eletrônica, primeiro com válvulas e depois com transistores, deu origem à grande indústria de comunicações, que hoje difunde não somente sinais em código Morse, mas palavras, música e imagens por todo o globo.