

Academia das Ciências de Lisboa

BIBLIOTECA DE ALTOS ESTUDOS

CATALOGAÇÃO

DAS

FIXAS

POR

MELO SIMAS



IMPRESA DA UNIVERSIDADE

COIMBRA - 1933

T

~~Sala. 1~~
~~Est. 1~~
~~Tab. 15~~
~~N.º 30~~

Faculdade de Letras

BIBLIOTECA DE ESTUDOS

CATALOGAÇÃO

FIXAS

CATALOGAÇÃO DAS FIXAS

MELO SINAS



DEPARTAMENTO DE LINGUÍSTICA

Academia das Ciências de Lisboa



BIBLIOTECA DE ALTOS ESTUDOS

CATALOGAÇÃO
DAS
FIXAS

POR

MELO SIMAS



CENTRO DE ESTUDOS FILOLÓGICOS
HOMENAGEM A CARVALHO

RC
MNCY
52
SIM

IMPRESA DA UNIVERSIDADE
COIMBRA - 1933



CATALOGAÇÃO DAS FIXAS

I

a) Encontro-me aqui nesta cadeira para cumprir uma determinação e satisfazer um compromisso moral.

Tendo sido, com efeito, um dos membros da Academia das Ciências de Lisboa que discutiu e aprovou a criação dêste curso, não devia, nem podia, com decência, esquivar-me a contribuir com a minha quota parte, embora modesta e mínima, na realização de um empreendimento que reputo não só interessante, mas progressivo e valioso.

Essa a razão porque vão V. Ex.^{as} fazer uma idea das possibilidades pedagógicas de quem nunca teve oportunidade de ensinar, a não ser muito fugazmente, a nobre missão do ensino. E lamento que assim seja, porque a exposição, certamente, se há-de resentir dessa circunstância e, bem assim, a ordem ou seqüência dos pontos a desenvolver, por forma a fazer entrar êsse desenvolvimento dentro da

limitação de tempo que, razoavelmente, pode atribuir-se a uma lição como esta. E lamento-o mais por V. Ex.^{as} do que por mim próprio, que volto daqui aos meus trabalhos práticos com a consciência de ter cumprido um dever; mas com a certeza, também, de ter frustado a benévola expectativa dos competentes que me escutam, levando, possivelmente, a fadiga àquelles que só ligeiramente conheçam o assunto destas lições, não obstante procurar fugir um pouco à aridez que êle possa comportar.

b) Tendo escolhido para tratar em duas lições, mínimo que a regulamentação dêste curso me permite fazer, o assunto subordinado à idea da *Catálogo das estrêlas fixas*, devo principiar, naturalmente, por expôr o motivo da sua escolha.

— Em primeiro lugar porque a catalogação das fixas principiando por corresponder a uma necessidade da vida corrente, e tendo atingido, nos últimos tempos, um desenvolvimento tal que permite encarar de uma forma concreta e palpável, por assim dizer, a provável estrutura do Universo que nos rodeia, até aos confins do invisível, ou mais além ainda, quasi roçando os arredores do infinito, merece que se lhe dedique alguma atenção.

— Em segundo lugar porque o assunto pertence à categoria daquelles que a falta de tempo não permite desenvolver, eficaz e suficiente-

mente, nos cursos superiores, cujo objectivo tem de consistir, naturalmente, em fornecer uma orientação geral aos alunos, acompanhada daquela ginástica de espírito indispensável para resolver, directamente, ou por analogia, os casos que possam ocorrer, sem descer à infinidade de particularidades que envolvem cada um deles. Desta forma, e nesta orientação, julgo ir contribuir com uma noção complementar ao ensino superior, nos precisos termos do organismo que provoca estas lições.

— Em terceiro lugar, finalmente, porque a minha própria prática, já bastante longa, estou que me levará a fazer uma exposição onde se não encontre aquela aridez proverbial das deduições abstractas, procurando reduzir-me, pelo contrário, à simplicidade que tomam as expressões quando se dispõem para aplicação imediata, numérica e concretamente acessível ao espírito, como deve ocorrer, e ocorre, geralmente, na prática dos cálculos e das aplicações, sem excluir aqueles que se encontram correntemente no decurso diário e constante da vida.

Expostos os motivos que conduziram à escolha do assunto, acrescentarei que conto tratá-lo nas duas lições anunciadas, por forma a que, cada uma delas, constitua um capítulo independente, versando, o primeiro, sobre a origem e necessidade da catalogação das fixas

durante o longo período das observações à vista desarmada, e o segundo, indicando a seqüência daquela catalogação, sua estatística, progressos e concepções que originou, e origina, depois da descoberta dos óculos e, mais tarde, da fotometria, da fotografia e da espectroscopia ou espectrografia celestes. E, embora o assunto desta última parte seja bastante lato, conto procurar, dentro do possível, não sair da limitação que me propuz.

1) Quem primeiro descriminou no céu a diferença entre astros fixos e astros errantes, positivamente não se sabe. Há hipóteses variadas; mas a maioria das probabilidades acumula-se do lado dos Caldeus. Pelo menos há motivos para crer que, mais de mil anos antes da nossa era já, entre êles, se sabia distinguir sete planetas ou estrêlas errantes, número em que havia duplicação na contagem de Venus e de Mercúrio, cada um dos quais era notado como astro diferente, nas suas elongações de Leste e de Oeste. Eram o Lucifer ou Vesper, para o primeiro, Mercúrio ou Hèspero para o segundo. A circunstância de, já no século VIII a. C., êsse número se achar reduzido a cinco, leva a crer que os observadores dêsse tempo tinham chegado ao reconhecimento da identidade de cada um dêsses astros, como estrêlas da manhã e estrêlas da tarde.

E se este último facto não é, talvez, de molde a causar estranheza, pelo que respeita a Venus, já o mesmo não pode dizer-se no tocante a Mercúrio, cuja dificuldade de distinguir e de discriminar, no meio da iluminação do crepusculo ou da alvorada, aponta uma observação cuidadosa, servida por uma dedução genial, verdadeiramente para admirar em épocas tão antiquadas, sobretudo se se refletir na circunstância de que muitos, talvez a maioria, dos astrónomos profissionais espalhados pela superfície do Glôbo, nunca tiveram oportunidade de distinguir semelhante planeta.

O que é facto, e é este o ponto a que desejo chegar, é que remonta à mais alta antiguidade a diferenciação entre astros fixos e astros errantes, ou entre estrêlas *fixas* e estrêlas *errantes*.

Dos primeiros não temos que tratar aqui. O Sol e a Lua também são estranhos à nossa digressão.

2) Nessas épocas, em que vemos entroncar com a ignorância o delineamento dos primeiros conhecimentos celestes, o Sol apenas tinha por missão produzir o Dia e a Noite, ao mesmo tempo que a Lua, com a variedade dos seus aspectos, não passava de reguladora dos meses, com as suas toscas subdivisões em décadas ou em semanas.

Pelo que respeita ao ano, então de conheci-

mento bastante imperfeito, e às correlativas variantes de sensações e de aspectos, era, naturalmente, às estrêlas que se pedia a sua regulação, bem como a regulação das épocas convenientes para a execução dos trabalhos indispensáveis à conservação da existência e manutenção da vida social, muito principalmente no que respeitava às labutas agrícolas.

É assim que vamos encontrar, desde essas épocas antiqüíssimas, a indicação do nascimento e do ocaso helíaco de certas estrêlas brilhantes, regulando, não só as diferentes horas da noite, mas ainda as épocas convenientes para certos trabalhos. Pelo menos é o que se deduz de documentos encontrados nas ruínas de Ninive, alguns existentes no British Museum, remontando a cêrca de mil anos a. C. e onde, na sua escrita cuneiforme, se acha prescrito que « ao produzir-se o nascimento helíaco de tal estrêla é indício de ter chegado o tempo de proceder à sementeira de tal vegetal, etc ». Prática esta que se continuou pelos tempos fora, como se vê nos *Trabalhos e os Dias* de Hesíodo, cêrca de 8 séculos a. C., e ainda muito mais tarde, em princípios da nossa era, nas *Geórgicas* de Vergílio, onde « o resplandecente Touro, abrindo o ano com os seus cornos alongados, aponta a época da sementeira das favas e do milho ».

E, em boa verdade, era isso perfeitamente

natural, porque o estudo das ciências impôs-se, na sua origem, principalmente, se não totalmente, por conveniências de ordem prática, imediatamente dependentes das necessidades e comodidades da vida. E, como essas necessidades, no caso que vamos tratando, variam com o decorrer das estações, indispensável se tornava o conhecimento de várias estrêlas destinadas a subdividir o ano em períodos tão curtos quanto as necessidades da vida o aconselhassem. Daqui uma primeira razão da indispensabilidade da catalogação dos astros fixos, destinados, pelo seu nascimento com relação ao Sol, a marcar as diversas épocas do ano, dividido, para êsse efeito, em períodos de 10 dias, correspondendo a cada um dêles o nascimento heliaco de determinada estrêla.

É bem sabido, por exemplo, que, já alguns 25 séculos a.C., os egípcios se serviam do nascimento heliaco de Sírius para indicar o comêço do seu ano, relacionando-o com as cheias do Nilo, base fundamental de tôda a vida agrícola daquela região.

3) Vê-se, por estas considerações, que o período anual que assim se determinava correspondia ao ano sideral, cuja diferença para o ano trópico não podia deixar de trazer algumas complicações no futuro. Este é, porém, um assunto mais relacionado com o Calendário do que com o da presente lição, cujo

fim, no actual momento, apenas tende a apontar a necessidade de uma primeira catalogação das fixas, embora elementar e informe, como tôdas as realizações em seu comêço.

E, com efeito, conhece-se a existência de um documento do século VIII a. C., onde se encontra um catálogo de estrêlas próximas do Zodíaco que, pelo seu nascimento heliaco, indicavam o início dos meses e das décadas. Este documento representa, assim, uma espécie de catálogo de estrêlas fundamentais, muitas das quais, cêrca de trinta, vêm indicadas pelos seus nomes babilónicos, levando êsses nomes a crer, pela sua significação, e pela posição das estrêlas relativamente ao Sol, tendo em conta o fenómeno da precessão dos equinóxios, que um semelhante catálogo deve datar de época bem mais atrasada; que talvez não seja exagêro computar-se em cêrca de 30 séculos antes de Cristo. Há mesmo quem a compute, com argumentação aceitável, em cêrca de 150 séculos antes da nossa era.

Como se vê, bastante longe vamos buscar o início da catalogação das fixas e, sensivelmente a idêntico resultado chegaríamos se fôsse buscar-se-lhe a origem do lado dos egípcios que, como se sabe, foram, juntamente com os caldeus, os orientadores da ciência grega, de onde derivou, em linha recta, o alicerce dos conhecimentos actuais, não só neste

como em muitos outros assuntos de carácter tanto científico, como literário e artístico.

Assim, a necessidade de prever, pela posição das estrêlas, a seqüência das estações e das épocas mais apropriadas para preparar os recursos materiais indispensáveis à conservação e manutenção da vida, constitui a causa fundamental da catalogação das fixas.

Pode pois dizer-se que o início desta catalogação é anterior, não só à ciência astronómica, que só mais tarde teve comêço com a preocupação de descortinar, na comparação do movimento dos astros, as leis que os regulam; mas ainda anterior à ciência da astrologia, conseqüência natural da idea antropocêntrica, e filha daqueles preconceitos absorventes da razão na sua tendência para regular e eternizar a vida àquem e além da morte. Tendência de tal modo avassaladora e poderosa que, ainda hoje, domina, sob forma diversa, a quasi totalidade dos habitantes do Glôbo.

4) De que forma se procedia à catalogação das estrêlas no seu início, não é assunto que possa dizer-se definitivamente resolvido.

Supõe-se que pela indicação das suas longitudes e latitudes.

O conhecimento do curso seguido pelo Sol no decorrer do ano, assim o deixa prever; não há, porém, um documento seguro onde possa apoiar-se esta presunção, e só aí pelo século VII

a. C. principia a afirmar-se documentação sôbre o emprêgo destas coordenadas, com o fim de satisfazer às necessidades da astrologia, como vamos ter oportunidade de ver.

5) A catalogação das estrêlas por grupos ou constelações, tal como ainda hoje se emprega e utiliza para determinados fins e, dentro de cada constelação, pela posição especial que cada êstrela nela ocupa, devia ser a mais antiga de tôdas. Cada estrêla era então conhecida por longos nomes indicativos dessa posição. E de tal forma natural se afigurava êste processo, anteriormente à metodização que Bayer e Flamsteed introduziram nos catálogos, ordenando a posição das estrêlas por Ascensões Rectas que, ainda em pleno século xvii, era utilizado aquele processo de designar as estrêlas brilhantes pelos seus nomes dentro das constelações a que pertenciam.

Documentos egípcios, de altíssima antiguidade, fornecem provas evidentes desta divisão em constelações, representando figuras de objectos, animais ou pessoas cuja configuração mais se lhe assemelhava, mediante um maior ou menor esforço de imaginação. Monumentos Caldáicos, também muito antigos, e remontando ao século xii a.C., não só nos fornecem idêntica prova, como ainda nos legaram nomes de Constelações, especialmente zodiacais, cuja significação primitiva ainda

hoje se conserva. E, sem retrogradar além do início do período histórico da humanidade erú dita, e ao qual, em um sentido caracterizadamente astronómico, poderíamos chamar moderno, e até contemporâneo, são bem conhecidas as constelações citadas por Homero, cêrca de 9 séculos a. C., quer na *Iliada* quer na *Odisseia*, e referidos por uma forma de onde se infere a sua alta antigüidade, mesmo relativamente a época tão longínqua. Na *Odisseia*, com efeito, assiste-se às sensações de Ulisses, contemplando e orientando a navegação pelas *Ursas*, que o boieiro celeste vai apascendendo nos prados do firmamento, ao passo que na *Iliada*, o mais notável poema heróico de todos os tempos, acham-se, naquela admirável descrição do escudo de Aquiles, representados «a Terra, os Céus, os Mares, o Sol infatigável, a Lua em sua plenitude, e todos os astros que coroam o Firmamento as Pleiades, as Híades, a Ursa, também alcunhada de Carreta, espreitando o soberbo Orion; mas que foge de se banhar nas salsas ondas do rio Oceano...»

6) Aratus, o general poeta, ou o poeta general, versificando, no seu poema astronómico, publicado 600 anos mais tarde, o tratado que Eudoxo composera um século antes, talvez extraído dos trabalhos de Cleóstrato, apresenta-nos a resenha, quási completa, pelo menos nos seus traços gerais, das constelações que

formam o esqueleto necessário à catalogação das fixas, em moldes orientados pelas ideas da época.

Mas, designar uma porção de estrêlas pelos nomes indicativos da sua situação nas constelações, como, por exemplo, a ν Gemini, por «aquela que seguindo logo, existe no ombro direito do primeiro gémeo» ou a \circ Virginis, por «a mais boreal das duas que seguem as duas primeiras que se encontram na face» ou, ainda, a δ Aquilæ, por «aquela que se encontra mais a sul no ombro esquerdo da Águia e se inclina para ocidente» etc., sem deixar de representar uma verdadeira catalogação, constitui, contudo, uma forma complicada e morosa de indicação dos astros, dificultando, com o tempo, as práticas usuais e, cada vez mais exigentes, da astrologia cujo desenvolvimento merece mais gratidão e reconhecimento, do que troça e zombaria.

7) A arte, ou ciência, como se lhe chamava, de prever o futuro pela posição dos astros, baseada na eterna ingenuidade e credulidade humanas, caindo na mão dos sacerdotes, como arrimo de ambições temporais, fêz, na verdade, desenvolver a ciência astronómica de uma forma extraordinária, e a catalogação das fixas não deixou de encontrar, nesse desenvolvimento, a parte que lhe coube, e que não foi pequena.

O sacerdotismo, procurando desenvolver os seus conhecimentos com o fim de se impor, pela ciência, à ignorância da população caldaica, egípcia, pérsica ou fenícia, não fazia mais do que obedecer àquela tendência, que se tem propagado pelos tempos fora, de adquirir a supremacia material, que a razão lhe nega, em prejuízo da espiritual que todos, de boa mente, acatariam. Mas as ideas achavam-se tão possuídas do principio antropocêntrico, que as práticas, referidas mais adiante, passando do sacerdotismo dos caldeus e dos egípcios para a antiga Grécia, com Berosse e com Pitágoras, e submetidas à discussão pública, originaram aquella célebre astrologia judiciária cujos complicados meandros tiveram a enorme vantagem de conservar e continuar o desenvolvimento da ciência astronómica, dispondo-a para orientar os progressos de que a nossa época se orgulha e que respigaremos na lição seguinte, no que respeita ao assunto que nos absorve.

Nós, hoje, rimos-nos das práticas horoscópicas, e outras, que os antigos empregavam, e se prelongaram por milénios, a ponto tal que ainda Kepler as cultivava para prover à própria subsistência, como elle próprio confessava. Por pouco, porém, que se pense, o ridículo atenua-se ao considerar que semelhantes práticas se achavam bem mais a carácter com os

conhecimentos gerais da época, do que liturgias idênticas, com objectivo semelhante, espalhadas pelo Globo civilizado em plena actualidade, e das quais não é fácil prever desenvolvimento científico notável.

«Quiconque n'étant pas philosophe, s'étonne des sottises des peuples anciens et ne s'étonne point de celles de son époque».

Na genetliologia, ou parte da astrologia que versava sôbre o futuro dos recém nascidos, era necessário, além do conhecimento da evolução dos astros errantes, determinar quatro pontos no céu, a 90 graus uns dos outros, e situados sôbre o zodiaco, ou mediana da eclíptica, como então se lhe chamava, no momento rigoroso do nascimento do neófito. O primeiro dêstes pontos era dado pela intersecção da eclíptica com o horizonte de Leste, e tinha o nome de Heroscópio. Os outros deviam achar-se sôbre aquela eclíptica, e precisavam de ser determinados, quer pela observação, quer pelo cálculo. O horoscópio era anunciado por um astrólogo observador ou calculista, que deduziria, pela posição das estrêlas ou pela altura do Sol, conforme fôsse noite ou dia, ou ainda pela hora aproximada, se o céu se encontrasse nublado, o ponto da eclíptica que lhe correspondia.

Em qualquer dos casos tornava-se necessário computar a posição dos astros pela consi-

deração das Ascensões oblíquas, isto é, das longitudes, para delas deduzir elementos sôbre a felicidade ou infelicidade futura do recém nascido através da vida, que não através da morte, como hoje se pretende.

8) De tudo isto nascia a necessidade de possuir conhecimentos bastante detalhados sôbre as posições do maior número de estrêlas, catalogadas pelas suas longitudes. Essa catalogação exigia um trabalho relativamente complicado, pelo facto da redução das ascensões rectas a ascensões oblíquas não poder fazer-se sem aquela grossa complicação de séries de cálculos e cálculos de séries, que hoje se evita com a introdução de uma simples função trigonométrica.

Àquele complexo cerimonial da genétilologia deve atribuir-se a circunstância da catalogação das estrêlas se fazer, durante muitos séculos, utilizando as coordenadas eclípticas, em vez das coordenadas equatoriais, muito mais simples e muito mais fáceis de apreender e de observar.

Quando Eudoxo, no século IV a .C., compôs a sua notável esfera armilar e o catálogo que dela resultou, foi também às ascensões oblíquas e, portanto, às coordenadas eclípticas, que referiu as posições das estrêlas. O poema astronómico de Aratus, única fonte de conhecimento dos trabalhos de Eudoxo, pode dizer-se

que constitui a primeira tentativa conhecida de catalogação das fixas. E se bem que essa catalogação seja extremamente grosseira e inaproveitável, revela, contudo, uma tendência na aproximação dos métodos e dos processos que deviam conduzir aos trabalhos monumentais de Hiparco que se conservaram inexcedíveis durante mais de 16 séculos.

Supõe-se mesmo que Eudoxo ao fabricar, no seu observatório de Cnide, o primeiro apontado entre os gregos, a esfera em cuja superfície se achava representada a maioria das constelações que, ainda hoje, dividem o céu, e as estrêlas brilhantes que o matizam, o fêz sem recorrer a instrumento algum, desenhando à vista o seu aspecto e configuração, tais são as incertezas que apresentam. Quando tanto, utilizaria, talvez, a comparação diferencial entre os pontos fixos do nascimento e ocaso dessas estrêlas, e os pontos móveis do nascimento o do ocaso do Sol, como aliás, dantes se fazia, estabelecendo assim a sua situação relativamente à eclíptica e à origem das contagens, situada já, ao que parece, no equinócio da Primavera. Isto, porém, não passa de uma suposição, de uma hipótese à falta de outras mais aceitáveis, tanto mais que, na descrição de Aratus, não se faz referência aos círculos das armilas que deviam representar o meridiano e o horizonte. Mas, a

circunstância da fixidez dos pontos do nascimento e do ocaso das estrêlas comparada com a mobilidade dos pontos idênticos relativos ao Sol, não podia deixar de impressionar o entendimento de um consciencioso observador dos fenómenos celestes.

A utilização do plano do meridiano parece que não era então corrente, segundo se deduz do facto de não se encontrar referências especiais a êsse plano nos documentos antigos, não admirando, portanto, que êle não entrasse na composição de Eudoxo; mas o círculo ou a armila correspondente ao horizonte era de emprêgo de tal forma elementar que a falta de referência a êsse círculo máximo não pode deixar de provir de uma desatenção da parte de Aratus, cuja descrição poética era, aliás, de molde a dar mais atenção à estética literária do que à precisão científica, se bem que do seu poema se possa reconstituir tôda a instrumentação e catalogação de Eudoxo.

9) Depois dêste sábio filósofo, segue-se um período de cêrca de dois séculos, em que a catalogação das fixas não fêz progressos sensíveis. Quando tanto, poderá contar-se como progresso, para o fim que vamos descrevendo, o resultado de observações, aliás importantes, de Arystilo e de Thymócharis, feitas um século depois, sensivelmente pela mesma época em que se deu a tentativa de sistematização

realizada por Eratóstenes (que alguns supõem herdada de Euclides), agrupando nas constelações cêrca de 500 estrêlas conhecidas dos antigos.

Para avaliar da forma como essa catalogação era feita, apresento, como espécime, o exemplo seguinte, respeitante à Ursa Maior: «Ela tem sôbre a cabeça 7 estrêlas, mais uma em cada orelha, tôdas de pequeno brilho; duas na espádua, uma no peito, duas brilhantes junto à pata da frente (ι e κ), uma brilhante à nascença da cauda (δ), uma brilhante no flanco (β), uma brilhante sôbre a espinha dorsal (α), duas na perna traseira (λ e ψ), duas na extremidade da pata (λ e μ) e três sôbre a cauda (ε , ξ η), ao todo vinte e equatro».

Como se deduz, e era de prevér, fixava-se a posição e grandeza das figuras das constelações desenhando-as em cartas ou em glôbos, sistema que, aliás, se tem continuado até nesses dias, para fins especiais.

10) Vê-se assim que, depois de Eudoxo e dos grandes filósofos seus contemporâneos, apenas um ou outro discípulo da escola de Alexandria se preocupava com os aspectos celestes, deixando a Hipparco de Rhodes a glória de formular, por concepções geniais e trabalho formidável, as bases em que viria assentar o desenvolvimento da ciência astro-

nómica. E foi com o fim, expressamente confessado, de deixar à posteridade um documento capaz de apoiar o reconhecimento das alterações que, por ventura, pudessem ocorrer no céu, que observou e preparou o seu notável catálogo das fixas, que pode considerar-se o primeiro executado metódica e progressivamente, conservando o seu carácter de inexcedível recurso de observadores e estudiosos, como disse, por mais de 16 séculos.

Infelizmente, nós não conhecemos o catálogo de Hipparco senão através das transcrições, mais ou menos confessadas, que dêle fez Ptolomeu no seu célebre *Almagesto*, ainda hoje origem de várias discussões e conjecturas, e ao qual teremos de dedicar algumas palavras na parte que se relaciona com a catalogação ptolomaica e com o fenómeno da precessão dos equinócios, imediatamente relacionado com o assunto de que vamos tratando.

11) Ao referir-me a Hipparco, não quero deixar de reproduzir as expressões que Delambre, com a sua autoridade, deixou arquivadas na sua *História da Astronomia*, e cuja reputação de imparcialidade e parcimónia de louvores torna particularmente valiosas. Diz êle «Quando se reúne tudo quanto Hipparco inventou ou aperfeçoou, e quando se pensa no número das suas obras e na quantidade de cálculos que essas obras implicam, não pode

deixar-se de considerá-lo como um dos homens mais assombrosos da antigüidade, e o maior de todos no cultivo daquelas ciências cujo desenvolvimento não assenta em deduções de carácter meramente especulativo ».

Como complemento destas palavras, e sem exemplo, apresento uma resenha dos trabalhos principais de Hipparco, pela qual se poderá ver que êle foi, no campo da ciência aplicada, não só o maior homem da antigüidade, mas, talvez, de todos os tempos. Chamar-se-lhe-ia mesmo o Homero das ciências, se o carácter evolutivo destas ciências não impossibilitasse a comparação. Assim:

Ele comentou e corrigiu os erros das posições de Eudoxo, relatadas por Aratus; inventou a trigonometria, pelo menos na parte que relaciona os arcos com as cordas, e calculou tábuas para a sua aplicação; inventou o astrolábio esférico e o astrolábio planisférico; observou e organizou o seu catálogo das fixas, que Plínio considerou tarefa capaz de desanimar um deus, deixando o céu como herança aos vindouros; determinou a grandeza do ano; descobriu a precessão dos equinócios; architectou as teorias do Sol e da Lua e construiu tábuas para a sua aplicação; descobriu e determinou a excentricidade da órbita terrestre, isto é, da órbita do Sol, como então se cuidava; descobriu algumas das desigualdades lunares

e o deslocamento da linha dos ápsides, determinou, com uma precisão surpreendente, as desigualdades dos períodos planetários, fazendo-o quasi roçar pela descoberta do sistema heliocêntrico; previu, pelo cálculo e pela estatística, com séculos de antecedência, a successão dos eclipses; imaginou a forma de aproveitar estes eclipses para a determinação das longitudes das estrêlas e das longitudes terrestres; etc., quasi não deixando aos vindouros mais do que a glória de aperfeiçoar a sua obra.

Como, porém, somente trato aqui da catalogação das fixas, apenas encararei, e muito rapidamente, a descoberta relativa à precessão dos equinócios.

12) A precessão dos equinócios alterando, de ano para ano, a distância das estrêlas ao ponto equinócial, foi descoberta, ao que parece, pela comparação entre as observações de Hipparco e algumas de Arystillo e Thimócaris, feitas cento e tantos anos antes, e que consistiram na determinação angular da distância de algumas estrêlas à Lua eclipsada. Dadas certas circunstâncias especiais, poderia, com efeito, determinar-se, com notável precisão, a longitude dessas estrêlas relativamente ao ponto equinócial da época da observação. O facto, porém, é que Hipparco, observando durante 30 ou 40 anos, segundo as indicações

de Ptolomeu, e utilizando os processos que êle próprio inventara, poderia muito bem, só por si, e sem recurso a observações anteriores, dar conta da variação da longitude das estrêlas, tanto mais que essa variação, já desde data anterior, devia ter sido pressentida pelas alterações da relação entre os nascimentos heliacos das estrêlas e as estações do ano. Bastaria que o êrro provável de uma determinação da posição de certas estrêlas, observadas a idênticas alturas, não excedesse cêrca de 2', para que a diferença de posições da mesma estrêla, observada no princípio e no fim do intervalo de tempo indicado, acusasse, sem a menor hesitação, uma variação de cêrca de meio grau. E um êrro provável de 2 minutos não deve ser superior ao que poderá esperar-se de um observador prático, utilizando os instrumentos de Hipparco, como eu próprio, por mais de uma vez, tive ocasião de verificar, com instrumentos de carácter primitivo, e ainda isso mesmo se deduz das observações do célebre Hevelius, a quem nos referiremos oportunamente, e cujo êrro provável, utilizando processos semelhantes, chegava a não alcançar um minuto, tendo, aliás, Hipparco, por uso e costume, no dizer de Ptolomeu, discutir com cuidado os êrros possíveis das observações. Poderá objectar-se que se encontram no seu catálogo êrros atingindo 10 e 15 minutos,

chegando, em alguns raros casos, a acusar um grau inteiro. Deve porém notar-se que, nestes erros, estão incluídos enganos cometidos pelos calculadores, como Baily demonstrou, mas ainda diferenças sistemáticas devidas à incerteza do conhecimento da refração atmosférica, sobretudo em estrêlas observadas a alturas baixas, mas sem influência apreciável na comparação de observações em idênticas condições de altura acima do horizonte.

O que parece averiguado, e é êste o ponto que convém fixar para poder apreciar devidamente a catalogação de Ptolomeu relativamente à de Hipparco, é que êste último, tendo achado primitivamente o valor anual de $36''$ para a precessão dos equinócios, deduzido da comparação das suas observações com as anteriores, parece tel-o corrigido, mais tarde, depois de terminado o seu monumental catálogo, para cêrca de $48''$ por ano. E o facto de se saber hoje que a variação das longitudes das fixas orça anualmente por $50''$, abôna fundamentalmente o grande mérito do hábil observador.

13) O catálogo de Hipparco continha 1080 estrêlas, catalogadas, ao que parece, por Ascensões Rectas e por Declinações, isto é, por coordenadas estranhas às ideas astrológicas, e fornecendo, para cada estrêla, o valor do seu brilho expresso em Grandezas.

Esta classificação por grandezas não é das que provoca menor admiração porque, até hoje, não se encontrou melhor para indicar o brilho dos astros, partindo do princípio, só modernamente reconhecido, de que uma certa grandeza é duas vezes e meia menos brilhante do que a imediatamente superior em grandeza e igual número de vezes mais brilhante do que a imediatamente inferior. Mesmo para as estrêlas telescópicas é ainda êsse o sistema actualmente seguido, continuando-se a progressão prevista por esta cabeça privilegiada. Hipparco estabeleceu assim o modelo de catalogação utilizada geralmente na época actual, isto é, fornecendo as Ascensões Rectas, as Declinações, e as grandezas das estrêlas. E, se Ptolomeu, cêrca de três séculos depois, voltou à catalogação por longitudes e latitudes, influenciando, com a autoridade do seu nome, as ideas dos 15 séculos que se seguiram, constituiu isso uma narrativa que não deixa a sua memória isenta de censuras.

14) Ptolomeu que, sem dúvida, elevou ao mais alto prestígio a escola de Alexandria com os seus cálculos, descobertas e teorias sôbre variadíssimos ramos da ciência, trazendo ao conhecimento dos vindouros os trabalhos dos antigos investigadores que, sem êle, ficariam para sempre sepultados no desconhecido e na ignorância, publicou, nos volumes VII e

viii do Almagesto, um catálogo de 1028 estrelas. Este catálogo, cujas posições apresenta como observadas por êle próprio, servindo-se do astrolábio esférico, acha-se coordenado, como disse, por longitudes e por latitudes e, portanto, mais apropriado às práticas da astrologia.

Ora hoje sabe-se, com uma probabilidade que toca os arredores da certeza, que êste catálogo não é mais do que o catálogo de Hipparco reduzido à época de Ptolomeu pela aplicação de uma falsa precessão dos equinócios. Entre os modernos chegou mesmo a esboçar-se a opinião de que o desaparecimento da obra de Hipparco poderia não ter sido mèramente casual.

A forma como se chegou àquela conclusão não deixa de ser curiosa, merecendo referênciã especial por demonstrar, mais uma vez, que, em matéria astronómica, o artifício, a fraude, o equívoco ou o engano difficilmente escapam à censura do cálculo, mesmo passados séculos ou milénios.

Ptolomeu declara expressamente que, da comparação das suas observações com as de Hipparco, entre as quais mediaram 265 anos, e ainda da comparação com os resultados obtidos por três outros observadores, entre os quais chega a mediar o intervalo de 379 anos, calculou o valor de 36'' para a deslocação

anual do ponto equinocial. Ora êste valor, é precisamente aquele que Hipparco achára primitivamente, e que difere 14 segundos do verdadeiro. Reduzindo as posições de uma à outra época, utilizando aquele valor, comete-se um êrro de um grau e dois minutos, verificando-se, pela redução das coordenadas actuais das estrêlas ao ano 137 a. C., que tôdas as longitudes de Ptolomeu se acham erradas, para menos, justamente da mesma diferença, o que não é fácil attribuir a êrro sistemático, sendo, aliás, muito superior aos erros a esperar, mesmo não entrando em conta com a correcção devida à refracção atmosférica. Desta refracção, que vai influenciar, principalmente, os astros próximos do horizonte, já Ptolomeu se attribui a descoberta, no seu tratado de Optica. Não seria, porém, demasiadamente arrojado admitir que essa influência da atmosfera sôbre a direcção dos raios luminosos fôsse já conhecida de Hipparco, tanto mais que êste, citado pelo próprio Ptolomeu, aponta o caso extraordinário da concavidade de uma armila equinocial ser iluminada duas vezes no mesmo dia de equinócio, o que não podia deixar de ser devido à refracção atmosférica.

15) Das 1080 estrêlas observadas por Hipparco, conhecemos assim 1028, tôdas pertencentes ao catálogo dêste astrónomo, porque

nesse número não se contém nenhuma das estrêlas visíveis em Alexandria mas não em Rhodes, não obstante a diferença de latitude entre os dois lugares andar por cêrca de 5 graus. Entre essas estrêlas contam-se as do célebre Cruzeiro do Sul, mas catalogadas na constelação de Centauro, como se usava ainda no século xv, sob a designação Centaurus 31, 32, 33 e 34, correspondentes às α , β , γ , e δ da actual constelação da Cruz do Sul, a qual, naquelas épocas, se elevava acima do horizonte mais do que hoje, por virtude da precessão dos equinócios, sendo mesmo vistas totalmente de Rhodes no tempo de Hipparco.

Só 14 séculos mais tarde foram essas estrêlas agrupadas em constelação independente e utilizadas, desde o século xvi, pelos nossos navegadores do hemisfério Sul, que delas elaboraram um regimento utilizado de forma idêntica ao da Ursa Maior no hemisfério Norte.

16) As estrêlas de Hipparco achavam-se repartidas por 34 constelações, sendo 20 no hemisfério boreal e 14 no austral, e indicadas, como disse, pelas suas coordenadas equatoriais.

A forma como Hipparco observava essas coordenadas, entra no campo das conjecturas. Pode supor-se, sem sair das possibilidades da época, que o astrolábio esférico de Hipparco,



a avaliar pela descrição que Ptolomeu faz do seu próprio, era uma espécie de esfera armilar de grandes dimensões, tendo duas armilas de círculo máximo sòlidamente fixas, uma no plano do equador e outra no plano do meridiano, e duas outras armilas, móveis em tórno dos polos do primeiro dêstes planos, podendo fazer entre si um ângulo diedro, medido no limbo de círculo equatorial. O aparelho apresentava-se assim como uma espécie de equatorial, baseado nos mesmos princípios dos que hoje possuímos, e tendo todos os círculos de declinação providos de réguas móveis em tórno dos seus centros, com pínulas para as pontarias. Todos os círculos seriam divididos em graus, a avaliar pelo facto das longitudes e latitudes de Ptolomeu serem dadas com aproximação de submúltiplos do grau.

A divisão da circunferência em graus, minutos e segundos, era já conhecida, encontrando-se referida, pela primeira vez, entre os gregos, em um tratado de Hypsiclès, que viveu cêrca de meio século antes de Hipparco.

A circunstância da conservação da hora exacta ser absolutamente impraticável durante um tempo dilatado, tornava impossível a determinação das ascensões rectas pelo conhecimento do momento da sua passagem no meridiano, como hoje se pratica. Assim, as observações em Declinação seriam feitas no

momento dessa passagem, mas as de ascensão recta tinham de ter um carácter diferencial, relativamente a certas estrêlas brilhantes, de posição conhecida por outros processos, como, por exemplo, distâncias à Lua eclipsada, e consideradas fundamentais. É o processo que ainda vamos encontrar empregado por Halley, há apenas dois séculos.

17) Quanto à pretensão de Ptolomeu observar directamente as longitudes e latitudes, colocando um dos círculos do Astrolábio no plano da Eclíptica, não é afirmação que possa aceitar-se sem objectar que a variação constante do plano da eclíptica, por virtude do movimento diurno, devia trazer para os observadores gravíssimas complicações. Mais natural seria mesmo proceder às observações em coordenadas equatoriais, transformando-as depois gráficamente em eclípticas, sôbre algum dos enormes globos celestes que faziam parte do equipamento de todos os observatórios da antiguidade.

18) A orientação dos instrumentos foi sempre, e compreende-se que o fôsse, a parte mais delicada da prática das observações. Foi esta a razão principal que conduziu à substituição dos astrolábios esféricos, planisféricos e outros, pelo quarto de círculo ou quadrante, de que o próprio Ptolomeu se atribui a invenção. Neste instrumento, com

feito, a regulação podia fazer-se muito mais simples, cómoda e rigorosamente pelo fio de prumo. Mas a sua aplicação, que só permitia medir directamente a altura dos astros, apenas se tornou verdadeiramente prática, para o azimute, quando o desenvolvimento da trigonometria esférica, aliás esboçado por Hiparco, permitiu resolver com facilidade o problema da transformação de coordenadas, concorrendo a hora.

19) O catálogo de Hiparco constituiu, durante dezasseis séculos, a única fonte onde estudiosos e investigadores podiam encontrar documentos para avaliar a mutabilidade ou imutabilidade dos céus.

Depois dêle tem de aguardar-se mais de mil anos para encontrar na Uranografia do astrónomo árabe Abd-Al-Rhaman, da célebre escola de Bagdad, mais conhecido pelo nome de Al-Sufi, uma descrição detalhada do céu das fixas, no catálogo que nos deixou, e que foi, há cerca de 50 anos, editado em língua francesa pelo notável astrónomo Schjellerup, do Observatório de Copenhague. Al-Sufi, porém, não observou as posições das estrêlas, limitando-se a reproduzir o catálogo de Ptolomeu, transportando essas posições para o ano 994 pela aplicação da correcção devida à precessão dos equinócios, para cujo fim utilizou o valor melhorado por Albategnius,

também da escola de Bagdad, cêrca de um século antes. Contudo, o catálogo de Al-Sufi é de considerar nesta exposição, porque as grandezas das estrêlas foram por êle realmente observadas com um cuidado e meticulosidade que as torna merecedoras, ainda hoje, de inteira confiança, para efeito do estudo e determinação de variabilidades de brilho.

20) Citando, apenas de passagem, um catálogo de Ibn Yunis, da escola do Cairo, elaborado nos começos do século xi, mas que parece não ser também baseado em observações originaes, pode dizer-se que, depois de Hipparco, só no século xv aparece um catálogo de fixas verdadeiramente novo, sob o título de *Tabulae longitudinaliarum et latitudinarum stellarum fixarum*, devido ao astrónomo tártaro Ulugh Beigh.

Os árabes são notáveis por terem conservado o fogo sagrado que, sem êles, se teria extinguido.

Ulugh Beigh, soberano, como era, neto do célebre Tamerlão, representou, entre os orientais, um papel idêntico ao que, na península Hispânica, representara Afonso X, cêrca de um século antes, influenciado pela ciência mourisca. Mas ao passo que êste rei, no que respeita à catalogação das fixas, se limitou a uma representação iconográfica das constelações, Ulugh Beigh observou, ou fêz observar,

no observatório de Samarcanda, tôdas as estrêlas do catálogo de Ptolomeu, com excepção de 8, que não achou, e de 27, que não podiam ser vistas, em consequência da latitude do seu observatório, sensivelmente igual à de Lisboa, diferir 7 graus da de Alexandria.

Ulugh Beigh usou, na confecção do seu catálogo, o mesmo sistema de coordenadas usado por Ptolomeu, isto é, as longitudes e as latitudes, classificando o brilho das estrêlas também por grandezas, com as subdivisões de *magna*, *mediae* e *parva*, conforme o brilho fôsse maior, igual ou menor ao que o número referido pretendia indicar.

Um dos instrumentos, por êle utilizados na observação das estrêlas, era um monumental quarto de círculo que, há pouco, foi descoberto, correspondente a uma circunferência medindo nada menos de oitenta metros de diâmetro e onde cada grau é representado por 70 centímetros. Compreende-se a conveniência de semelhantes dimensões atendendo à circunstância de, naquela época, não se conhecerem ainda disposições para avaliar pequenas partes de uma extensão, tais como transversais, nónios, etc. Um instrumento de tal grandeza exigia fixidez, e apenas devia servir para determinar alturas de astros na sua passagem pelo meridiano sendo, certamente, impossível utilizar-se na medição de

distâncias entre as estrêlas, processo aquele que se empregava e continuou a empregar-se até à época em que a aplicação dos óculos à astronomia de posição modificou por completo os sistemas e os métodos.

Dos árabes ficaram-nos alguns nomes de estrêlas brilhantes, tais como: *Aldebaran*, *Altair*, *Betelgeuse*, *Rigel*, *Vega*, etc., herança que ainda hoje se conserva.

21) Com Ulugh Beigh termina a supremacia do oriente sôbre o ocidente, dos árabes sôbre os cristãos, em matéria de astronomia. O progresso das ciências ia acentuar-se na Europa, e a dispersão dos gregos, fugidos da pátria invadida, depois da queda de Constantinopla em 1453, arrastando consigo a sua valiosíssima documentação filosófica, e os seus métodos e processos de crítica, não pouco deviam ter contribuído para modificar as ideias que, durante uma boa dezena de séculos, não mais fizeram do que confundir e ensangüentar a Europa com estéreis disputas de gramátegos, humanistas e teólogos.

22) Para não sair do tema que me propuz, e fazendo apenas muito ligeira referênciã a um catálogo de estrêlas publicado por Copérnico, mas que parece ser, salvo algumas excepções, um extracto do de Ptolomeu, e que só tem de notável o facto de tomar para origem das longitudes a estrêla α Ariëtis,

pode dizer-se que só vamos encontrar em Tycho-Brahe, no último quartel do século xvi, um observador metódico e consciencioso, dedicando à catalogação das fixas uma boa parte do seu tempo, se bem que essa catalogação ainda fôsse levada a efeito com o fim de auxiliar e fazer progredir as práticas astrológicas.

A verdade porém é que, do seu trabalho, resultou um catálogo de 1.005 estrêlas, publicado por Kepler nas suas Tábuas Rudolfinas, e que constituem documento importante do estado do céu das fixas no finalizar da idade média, além do serviço inestimável que prestou, congregando os meios indispensáveis para a descoberta da lei da gravitação universal.

A primeira edição dêste catálogo, publicada na *Astronomia Instaurata Regimenta* em 1601, ano da morte de Tycho, continha apenas 777 estrêlas, coordenadas por longitudes e latitudes, como era natural, atendendo ao fim a que se determinavam.

Tycho-Brahe foi um hábil observador, sem contudo chegar à perfeição de Hevelius, que se lhe seguiu, cêrca de um século depois, e diz-se que foi o primeiro a tomar em devida conta a influência da refração atmosférica, não obstante esta já ser conhecida desde Ptolomeu ou de Hiparco.

Tycho utilizou, nas suas observações, um verdadeiro arsenal de instrumentos. Grandes

círculos, semicírculos, quadrantes, esferas armilares, réguas paraláticas, arbaletas, equatoriais, anéis astronómicos, astrolábios esféricos, astrolábios planos, etc., tudo se encontrava no seu observatório de Stalleborg.

Foi o primeiro, ao que parece, que utilizou as propriedades do nónio, o que lhe permitiu reduzir os seus instrumentos a dimensões mais modestas do que as usadas anteriormente.

As observações seguia-as por alturas no meridiano, para as declinações, e por distâncias das estrêlas umas às outras, ou à meridiana, para as ascensões rectas, fornecendo as posições nestas duas coordenadas com uma incerteza corrente de três minutos, não sendo porém raro encontrar erros de dez minutos.

23) Depois de Tycho pode citar-se o astrónomo médico Bayer, não porque tenha sido um observador notável, mas porque desempenhou, relativamente a Tycho, um papel semelhante ao que Al-Sufi representara com relação a Ptolomeu, e ainda pela simplificação que trouxe à nomenclatura das estrêlas.

Como Al-Sufi, com efeito, Bayer observou as grandezas das estrêlas, o que já é importante: mas o seu maior título de glória consiste na substituição dos longos nomes por letras tiradas dos alfabetos grego e romano.

Nessa nova nomenclatura seguia-se a regra, infelizmente nem sempre rigorosamente

aplicada, de atribuir as letras por ordem de grandezas, principiando pelo alfabeto grego. Assim, α correspondia à mais brilhante, β à que se lhe seguia, etc., por forma que a simples inspecção das letras indicava a categoria, em brilho, da estrêla na respectiva constelação. Êste sistema, que ainda hoje se emprega para as estrêlas visíveis à vista desarmada, foi transportado por Lacaille para o hemisfério Sul, generalizando assim o sistema a todo o céu.

24) Para terminar a presente lição citarei, finalmente, os trabalhos de Hevelius, observador hábil, consciencioso e trabalhador, e o mais rigoroso de todos, observando sempre à vista desarmada com instrumentos análogos aos dos seus predecessores, não obstante já os óculos serem conhecidos, e já Halley os ter empregado nas suas observações de Santa Helena.

A obstinação de Hevelius, em não querer empregar os óculos de medição dos ângulos, é tanto mais para lamentar, quanto é certo que a sua aplicação aos quartos de círculo, ou quadrantes, e aos sextantes, dando às observações um rigor desconhecido até então, tornou quási que inútil o seu extenuante trabalho para efeito de comparação com os catálogos actuais, como inúteis tornou os dos seus antecessores para o mesmo fim, utilizando-se apenas no que se refere ao brilho das

estrêlas, para estudos da sua variabilidade que, aliás, nos últimos tempos, tem levado a conclusões inexperadas no que respeita à concepção da grandeza e dimensões do Universo.

O catálogo de Hevelius, publicado em 1690, já depois da sua morte, é o mais completo de todos, encerrando mais quinhentas estrêlas do que o de Tycho, e fornecendo as posições com um êrro médio igual ou inferior ao minuto de arco.

Hevelius observou com um quadrante fixo e sextante móvel, continuando a empregar o processo de determinar alturas, e distâncias angulares entre os astros. O seu catálogo, não obstante achar-se ordenado por constelações, como todos os que o precederam, já fornece as coordenadas equatoriais, como hoje se usam, mas ainda, a par delas, acham-se indicadas as eclípticas, tal fôrça o hábito imprime às práticas rotineiras, sobretudo quando orientadas pelos preconceitos.

25) Resumindo: Os catálogos principais, elaborados durante o longo período da observação à vista desarmada, e que hoje se consultam com o objectivo de notar variações no brilho das estrêlas ou no aspecto das constelações, são os seguintes, com indicação das datas a que se referem:

Hiparco	127 a. C.	Ulugh-Ceigh	1430	Bayer.....	1603
Al-Sufi	960	Tycho-Brahe	1590	Hevelius ..	1660

Referia-se tãda a catalogação, indicada nesta exposição, ao hemisfério Norte e à parte do Sul que podia ser vista dos observatórios boriais. Mas já no século xv os portuguezes, nas suas assombrosas viagens, andavam pelas regiões austrais e já, para satisfazer às necessidades da navegação, se estabelecia o esqueleto em que iria assentar a revisão metódica do firmamento nessas regiões, revisão iniciada de uma forma muito mais profícua e rigorosa do que o fôra a catalogação no hemisfério Norte.

Em vida de Hevelius, já Flamsteed dirigia o Observatório de Greenwich, já Halley fizera as primeiras observações com o emprêgo dos óculos, e Bradley, Lacaille, Lalande e Bessel iam fornecer à astronomia estrelar elementos novos de orientação e de progresso.

É o que veremos na lição seguinte, a que esta serve de introdução, e em que procurarei reduzir a parte histórica ao mínimo indispensável para encarar, de preferência, a acção que a catalogação das fixas inesperadamente exerceu, pelas suas variadas modalidades, na evolução das ideias actuais e no conhecimento geral do Universo que nos rodeia, da circulação que o movimenta e até da vida que o anima.

II

Na lição antecedente procurei esboçar a história da catalogação das fixas durante o período que precedeu a invenção dos óculos.

A aplicação dêstes ao estudo do céu modificou, por completo, com o decorrer do tempo, os processos e a orientação das ideias dominantes, não só neste, como na maioria dos ramos dependentes do progresso das ciências em geral.

Na ordem seguida procurei orientar-me, como procurarei presentemente, nas linhas gerais da pedagogia moderna que, segundo as ideias infiltradas pelo eminente pensador Gustavo Lebon, deve esforçar-se por fazer passar o espírito por gradações análogas àquelas que percorreu a humanidade na seqüência das suas conquistas.

Essa a razão porque, tendo ido buscar à origem o início da catalogação das fixas e acompanhando o seu desenvolvimento até aos

fins do século xvii, vou tomar o século xviii como ponto de partida para encetar a presente lição.

Não seguirei, porém, nesta, a ordem que orientou a primeira.

O assunto assumiu, hoje, uma tal vastidão, que o processo empregado seria incompatível com o conjunto de noções que pretendo deixar aqui expostas. Limitando-me assim, por enquanto, à catalogação das fixas no que respeita a posições (única que, além das respectivas grandezas, foi possível realizar até há cerca de um século a esta parte), vou expor primeiro, e muito resumidamente, a seqüência dos processos de observação empregados.

1) Hoje em dia a determinação das duas coordenadas, Ascensão Recta e Declinação, que definem a posição de uma estrêla com relativa comodidade, é feita utilizando o círculo meridiano, para não falar, desde já, no emprêgo da fotografia, a que me referirei mais de espaço. Não foi, porém, sempre assim, mesmo depois da invenção dos óculos, e a adaptação ao actual sistema ainda levou bem os seus cinqüenta anos

No comêço, o benefício da aplicação dos óculos aos quadrantes e sextantes graduados, proposta e aplicada por Picard e Auzout, era de tal forma duvidosa que Hevelius, como vimos, preferia-lhe os processos antigos de

observação à vista desarmada e, até certo ponto, não sem ter sua razão, porque os primeiros catálogos executados com o concurso de instrumentos amplificadores deixaram bastante a desejar. Tais foram os catálogos de Halley e de Flamsteed, ambos preparados pelos fins do século xvii, e que não oferecem uma precisão muito superior à de Hevelius.

2) O emprêgo do quadrante fixo, e o dos quadrante, sextante e oitante móveis, seguiu-se ainda por muito tempo. O fixo, disposto sensivelmente no plano do meridiano, continuou a servir para determinar a declinação das estrêlas e, qualquer dos móveis, para achar as distâncias destas entre si, e daí, deduzir as Ascensões Rectas.

O processo correntemente hoje usado para determinar estas Ascensões Rectas pelas horas das passagens dos astros no meridiano, já proposto por Picard em 1668, não podia efectivar-se por dois motivos: Primeiro — Porque o eixo horizontal em tórno do qual girava o óculo dos quadrantes fixos, mesmo depois de conhecidas as propriedades do retículo, era demasiado curto para oferecer garantia sufficiente à estabilidade do plano que o eixo de colimação descrevia, e Segundo — Porque os relógios de então não eram susceptíveis de conservar a hora durante o tempo necessário às observações com um rigor comparável ao

que podia obter-se nas medições directas das distâncias angulares.

O primeiro dêstes inconvenientes foi resolvido, embora de uma forma tôasca, por Roêmer, no Observatório de Paris, em 1700; mas o segundo continuou a exercer a sua acção funesta durante umas dezenas de anos ainda, como veremos na devida oportunidade.

3) Depois do fracasso da ideia de Roêmer e da experiência mal sucedida de Halley para substituir o quadrante ou sextante móvel pelo instrumento de passagens, foi êste último instrumento definitivamente utilizado por Bradley, cêrca de 1745, sensivelmente pela época em que Tobie Mayer imaginou o processo de corrigir as observações da influência dos erros instrumentais, sob a forma como ainda hoje se utiliza.

Já então Graham melhorara as pêndulas e o próprio Bradley descobrira a Aberração das fixas e a Nutação.

Quanto ao quadrante fixo, já por essa época se achava modificado, tendo sido substituído, aí por cêrca de 1790, pelo círculo completo que, sob a designação de Círculo Mural, fazia parte do equipamento de todos os observatórios.

Desta forma continuaram os astrónomos a servir-se de dois instrumentos para determinar as coordenadas dos astros: o Ins-

trumento de Passagens, para as Ascensões Rectas, e o Círculo Mural, para as Declinações.

Sem me demorar na descrição dos acessórios instrumentais, ou dos processos de facilitação das leituras, como sejam as transversais, os nónios ou os micrómetros, sem mesmo fazer referência às miras meridianas ou aos colimadores, indispensáveis à orientação dos óculos, apenas acrescentarei que o inconveniente da necessidade de empregar dois observadores, e ainda a freqüente eventualidade de poder observar-se dois astros diferentes na suposição de ser o mesmo, levou à substituição dos dois instrumentos pelo conhecido Círculo Meridiano, que hoje se utiliza geralmente, e cujo primeiro exemplar foi montado no Observatório do Cabo de Boa Esperança, em 1855.

Depois da aplicação da fotografia à representação do Céu, a catalogação das fixas tomou uma orientação diferente em aspecto, actividade e profusão, como veremos; contudo o Círculo Meridiano continuou, e continuará, sendo o instrumento essencial e indispensável, não só para a determinação rigorosa do tempo, mas ainda para a fixação das coordenadas absolutas das estrêlas fundamentais, isto é, das ascensões rectas relativamente ao ponto equinocial, e das declinações com relação ao

Equador, por forma a estabelecer as balizas de referência necessárias à medição das posições relativas das estrêlas sôbre as chapas fotográficas.

Ultimamente applicou-se, com grande soma de elogios, o micrómetro impessoal às observações de passagens, mas cujo fim parece destinado a mecanizar o trabalho dos aprendizes de astrónomo, conservando-os nesta situação em outros géneros de apreciações dependentes de determinações rigorosas fundadas em estimas momentâneas.

4) Quanto à evolução dos aparelhos destinados à conservação do tempo, acessórios indispensáveis para a determinação das ascensões rectas, vimos como, ainda em 1700, êles se achavam imperfeitos, ao ponto de Cassini, director do Observatório de Paris, se ver impossibilitado de pôr em prática a ideia de de Roêmer.

É verdade que Huygens, em 1673, publicara o seu *Horologium Oscilatorium*, expondo o processo, por êle inventado em 1658, sôbre a applicação do pêndulo à medição do tempo, e que Picard, já em 1669, empregava pêndulos de segundos e de meios segundos; mas o que é facto é que a regularidade dêsses instrumentos estava longe da perfeição, tanto no que respeita à parte mecânica como à correcção das influências perturbadoras pro-

duzidas pelas variações da temperatura e da pressão.

Era tal a imperfeição que, ainda muitos anos depois, raro era o dia em que as pêndulas do Observatório de Paris se não negavam a marchar, sendo necessário acertá-las utilizando o velho *gnomon* dos tempos primitivos.

Para maior complicação, a hora era regida pelo tempo verdadeiro, com o gravíssimo inconveniente de se tornar necessário regular todos os dias o comprimento dos pêndulos, e se verifica pela circunstância de só datar de 1826, em França, o emprêgo do tempo médio nos usos civis.

Em Inglaterra êste emprêgo foi iniciado muito mais cedo, o que se deveu, como veremos, à orientação que presidiu à criação do Observatório de Greenwich.

A verdade, porém, é que só no decorrer da primeira metade do século XIX se abandonou, em todo o mundo civilizado, a utilização do tempo calcado sobre o movimento aparente do Sol verdadeiro.

A evolução marcha muito lentamente e, em uma época ainda eivada de preconceitos velhos de vinte séculos, não é de estranhar a circunstância de ver passar uma ou duas gerações, primeiro que se conseguisse uma verdadeira adaptação aos novos inventos e às novas modalidades.

Só a primeira metade do século XVIII viu o aperfeiçoamento dos relógios de pêndulo, com Graham, inventando, em 1740, a compensação pelo mercúrio, e com Harrisson, construindo, pela mesma época, o primeiro pêndulo de grelha, sistemas êsses que se conservaram inalteráveis por mais de um século, e permitiram, auxiliados pelo cálculo, principalmente no que respeita à influência da pressão atmosférica, bastante rigor nas determinações.

Só em nossos dias é que a descoberta do invar por Ch. Ed. Guillaume, a adaptação de aparelhos de compensação barométrica, a conservação de todo o instrumento em recipientes de pressão constante e temperatura pouco variável e, sobretudo, a construção de pêndulos livres, tanto quanto possível, de ligações mecânicas ou eléctricas, trouxeram o rigor da conservação do tempo ao estado em que hoje se encontra.

5) Não quiere isto dizer que se não consiga êsse rigor com simples pêndulos, como o de Graham, só compensados para a temperatura.

Com efeito, tôdas as observações do nosso Observatório da Tapada foram feitas, e continuam sendo feitas, utilizando um pêndulo dêstes, e a sua precisão não se tem mostrado inferior, antes pelo contrário, à que tem sido alcançada pelos grandes observatórios equipados com os mais modernos aperfeiçoamen-

tos. O seu emprêgo exige, sem dúvida, um pouco mais de trabalho no cálculo das perturbações exercidas pelos agentes exteriores; mas evidencia-se aqui um factor de preponderância fundamental, representado pela habilitade de quem observa e pela orientação de quem dirige.

Não quero terminar esta parte da minha lição sem fazer referência a um pêndulo livre, inventado pelo grande astrónomo que foi Campos Rodrigues, mas que a eterna falta de recursos materiais não permitiu ainda a sua realização definitiva.

Feita assim a descrição sucinta da evolução dos instrumentos necessários à catalogação visual das fixas, não voltarei mais ao assunto, e passo a encarar os progressos dessa catalogação no que respeita à posição das estrêlas, descrevendo-a apenas nos pontos fundamentais da sua seqüência.

6) Às tentativas isoladas de catalogação, que as ideias da idade média permitiram, seguiu-se a tendência para o trabalho de conjunto em proveito da generalização.

A criação e o desenvolvimento das academias científicas formou, sem dúvida, um dos elementos primaciais para a evolução do progresso, baseado, de comêço, nas necessidades de momento.

A Academia francesa, por sugestão de Pi-

card, fêz construir, em 1668, o Observatório de Paris, mas teve a infelicidade de o entregar a um estrangeiro que lhe não interpretou as ideias.

Já o mesmo não sucede com o Observatório de Greenwich, construído sete anos depois, por interferência da Royal Society, e ao qual não tardo a referir-me mais detalhadamente.

Antes dêstes dois apenas existia, funcionando como observatório, a Tôrre Grande de Copenhague.

Depois seguiram-se: o Observatório de Pul-kova, construído a solicitação da Academia de S. Petesburgo, e onde se evidenciou o célebre Struve; o Observatório de Kœnisberg, sugerido pela Academia de Berlim, onde vemos passar Bessel e Argelander, etc.; enfim o nosso Observatório da Tapada, erigido graças aos bons officios desta Academia, emprestando a autoridade do seu nome à proposta de Filipe Folque, e onde se illustrou a capacidade científica do meu eminente mestre e grande astrónomo que foi Campos Rodrigues.

7) A causa que motivou a criação dos observatórios é fácil de compreender: A descoberta de novos mundos fêz desenvolver extraordinariamente a navegação. Por meados do século xvii as viagens eram longas e os meios de orientação poucos. Sabia-se achar a latitude, mas a determinação das longitudes

constituía um problema por resolver. É verdade que Hipparco e, depois, Regiomontanus, tinham sugerido processos; mas êsses processos dependiam do conhecimento dos movimentos da Lua e das posições exactas de numerosas estrêlas. Nestas condições, a Academia Inglêsa propõe e faz erigir o Observatório de Greenwich entregando-o a Flamsteed, que orientou os trabalhos no sentido de satisfazer às necessidades da navegação, e cujas observações da Lua muito contribuíram para a genial descoberta de Newton. Além dessas observações, Flamsteed compôs, para o mesmo fim, o seu catálogo de cêrca de três mil estrêlas, observadas com precisão um pouco superior à que se conseguia então, mas ainda não isentas de variadíssimas causas de êrro. O facto de Flamsteed não atender às indicações do barómetro e do termómetro nos momentos da observação, como lhe aconselhava Newton, não deixa de ter sua responsabilidade na carentia de precisão dos lugares observados.

A-pesar-disso calcula-se que o êrro provável de uma das suas observações orça por um têrço de minuto de arco, ao passo que o das posições de Hevelius, observando, como sabemos, à vista desarmada, andava por perto de um minuto e as de Tycho por três a quatro minutos.

Assim, ao passo que, nos tempos remotos,

a catalogação das fixas derivou de necessidades individuais, ao entrar o período do renascimento das ideias e da libertação dos espíritos, essa mesma catalogação constituiu uma necessidade material da vida das sociedades.

8) Depois do catálogo de Flamsteed segue-se o resultante das observações de Bradley, terceiro director do Observatório de Greenwich, executadas entre 1750 e 1762, em número superior a sessenta mil e publicadas em dois grossos volumes que serviram de base à redução que, mais tarde, em 1818, delas fêz Bessel, publicando-as sob a forma de um catálogo de 3.222 estrêlas, na sua *Fundamenta Astronomiae*, e que constitui o ponto de partida para a elaboração dos catálogos modernos. O êrro provável das observações de Bradley não vai além de um segundo de tempo nas ascensões rectas e quatro segundos de arco nas declinações, o que as torna inestimáveis, atenta a sua antiguidade, na determinação dos movimentos próprios das estrêlas.

Esta precisão, comparada com a falta de rigor das anteriores, explica-se pelo desconhecimento que então havia dos erros instrumentais e das causas de perturbação, algumas das quais, como vimos, o próprio Bradley descobrira.

9) Pela época em que êste astrónomo observava na Europa, o astrónomo francês Lacaille,

do Observatório de Paris, fazia uma série de observações das estrêlas do hemisfério Sul, no Cabo de Boa Esperança, de 1751 a 1754, e que pouco ficam a dever às de Bradley, não obstante a sua realização ter sido efectuada com o emprêgo de meios muito mais elementares.

Destas observações resultou: I — Um catálogo das posições verdadeiras de 397 estrêlas, observadas e reduzidas com o mais escrupuloso cuidado, com aproximação até aos décimos de segundo de arco nas duas coordenadas, publicado pelo próprio Lacaille, em 1757, na sua *Astronomiae Fundamenta*, e que deixam a perder de vista, em precisão, as célebres observações de Halley em Santa Helena. II — Um catálogo das posições verdadeiras de 1942 estrêlas, aproximadas até ao segundo de arco nas duas coordenadas, e publicadas em 1763, depois da sua morte, no livro *Coelum Australe Stelliferum*. III — As observações, insertas também nesta última publicação, de cêrca de 10.000 estrêlas observadas em condições que acho interessante apontar, por se patentear aí a perfeição a que pode chegar o engenho quando dirigido inteligentemente e em orientação acertada. Assim: Para fazer as observações das 10.000 estrêlas, e outras mais, Lacaille apenas tinha disponível um pequeno óculo de catorze milímetros de abertura, sem

mais nada. Nem círculos, nem montagem. Colocou-lhe um retículo romboidal, aberto em chapa metálica, e tôdas as noites ligava-o sólidamente na orientação meridiana e em inclinação determinada, observando os momentos em que as estrêlas apareciam ou se ocultavam nos lados opacos do rombóide, fazendo entrar no seu cômputo não só as estrêlas visíveis à vista desarmada, mas muitas outras inferiores à sexta grandeza.

Estas observações foram, mais tarde, reduzidas por Henderson, a expensas da British Association, mas essa redução deixa muito a desejar. Êste trabalho teve, para mim, um interêsse especial. Tentei, com efeito, há alguns anos, lançar as bases para a redução daquelas observações, tendo sido desviado dessa ideia pela minha entrada no grémio do profissionalismo astronómico, e que me absorveu o espírito com outras tarefas. Dessa tentativa, porém, à-parte um conhecimento mais perfeito dos métodos de redução, aliás admiravelmente expostos em um trabalho de Fabricius, *Untersuchungen über Lacaille Reticulusmedius*, publicado em 1873, no decurso de ensaio semelhante, apenas resultou a memória intitulada *Movimentos próprios de quarenta estrêlas circumpolares austrais*, publicada nos Anais desta Academia em 1910.

A Lacaille ainda se deve um outro catálogo

de 500 estrêlas zodiacais, que foi publicado muito mais tarde.

10) Seguindo a ordem cronológica, vamos encontrar Bessel, do Observatório de Königsberg, que, além do trabalho de redução das estrêlas de Bradley, executou, de 1821 a 1833, uma série de observações, da qual resultou um catálogo, precioso pela exactidão, e contendo cêrca de 62.000 estrêlas, mas que só foi publicado depois da sua morte. Os novos estudos que fêz sôbre a refração atmosférica permitiram-lhe evitar muitos dos erros que viciavam os catálogos anteriores, e daí o motivo porque as posições apresentadas servem de base aos catálogos fundamentais modernos.

Bessel foi o primeiro que conseguiu medir directamente a paralaxe de uma estrêla, elemento êsse que se acha em estreita relação com a catalogação das fixas.

11) Argelander, discípulo e continuador de Bessel, foi um dos mais notáveis investigadores do Céu no que respeita a esta catalogação e, com razão, lhe chamaram o Hipparco moderno.

As suas 560 *Stellarum fixarum*, publicadas em 1835, e as *Positiones Mediae* de Struve, do Observatório de Pulkova, baseadas em observações executadas sensivelmente pela mesma época, consideram-se, ainda hoje, verdadeiros modelos de rigor e de catalogação.

[Mas o maior título de glória de Argelander consiste no seu *Bonn Durchmusterung*, ideado e efectuado no Observatório de Bonn, publicado em 1903 por Küstener, e fornecendo as posições aproximadas de tôdas as estrêlas até quasi à 10.^a grandeza, referidas ao equinócio médio de 1855 e compreendidas entre o polo Norte e o grau 2 de Declinação Sul. Êste catálogo contém nada menos de 324.198 estrêlas, e constitui, ainda, o *vade-mecum* do astrónomo observador. Foi prolongado para o Sul, até à Declinação 23, por Schonfeld, o que augmentou de mais 134.833, o número das estrêlas catalogadas em Bonn.

Seguindo estes exemplos, Gould, do Observatório de Córdoba, levou até ao Polo Sul a catalogação efectuada segundo o sistema de Argelander, catálogo que se acha publicado no notável trabalho intitulado *Uranometria Argentina*.

Devo, neste ponto, referir-me a uma distinção entre duas espécies de catálogos de posições das fixas. Os catálogos de precisão e os de referenciação. Nos primeiros, as posições são dadas com todo o rigor compatível com as possibilidades instrumentais. Nos segundos, essas posições são apenas aproximadas, até ao ponto de evitar que cada estrêla possa confundir-se com outras que se lhe achem próximas.

Os dois, igualmente úteis e igualmente indispensáveis, destinam-se a objectivos perfeitamente determinados.

Os de precisão, nos quais se acham incluídos os fundamentais, são utilizados na exacta regulação dos relógios, pêndulas e cronómetros, fornecem balisas para determinar posições de outros astros e, bem assim, os elementos necessários para o estudo dos movimentos próprios das estrêlas, determinação de paralaxes anuas e de latitudes e longitudes terrestres, etc.

Os de referenciação, servem de base à estatística estrelar, a qual adquiriu, ultimamente, uma importância fundamental no estudo da architectura do Universo, e são utilizados na determinação de posições diferenciais.

Assim o Bonn Durchmusterung e a Uranometria Argentina são catálogos de referenciação, e todos os outros a que me referi, ou me referirei, salvo os fotográficos, são catálogos de precisão.

13) Quanto a estes últimos, desde fins do século passado que adquiriram um enorme desenvolvimento, podendo dizer-se que não há observatório regularmente equipado, incluindo o nosso, que nêles não tenha colaborado mais ou menos intensivamente.

Impossível é, sem dúvida, dar uma resenha de todos os que se conhecem; mas não pode

passar-se em silêncio o *Catalog der Astronomischen Gesellschaft*, que contém as posições rigorosas de tôdas as estrêlas até à nona grandeza, dispersas por todo o Céu, o qual, para êsse fim, foi dividido em zonas e estas distribuidas a observatórios diferentes espalhados por todo o Globo. Este catálogo acha-se hoje completo, e nêle se contam mais de 200.000 estrêlas.

Entre os observatórios que nêle colaboraram é justo mencionar o de Berlim, de observação e redução de Auwers, e que constitui um verdadeiro monumento, tanto no que respeita a precisão, como a método, organização e processos de redução.

14) Resta, para completar esta parte da minha exposição, fazer referência aos catálogos das estrêlas fundamentais, destinados a servir de alicerce ou de fundamento a todos os outros, e em que as posições de um número reduzido de estrêlas são dadas com o máximo rigor compatível com o conjunto de tôdas as observações individuais de cada estrêla em particular. Para êsse fim, aquelas posições são, com efeito, deduzidas de tôdas as observações executadas de há mais de um século a esta parte, reduzidas em obediência a um sistema certo e determinado, tanto no que respeita a correcções sistemáticas, que possam achar-se da comparação com a média geral,

como no que respeita aos valores das constantes da Precessão, Aberração, posição do ponto equinocial, etc.

A confecção dêstes catálogos, que representa um trabalho formidável de combinação e de selecção, constitui a última palavra da ciência em matéria de rigor na catalogação das fixas.

Hoje empregam-se, geralmente, dois dêsses catálogos.

O baseado no sistema de Auwers, contendo 924 estrêlas, é usado no Berliner Jahrbuch, e o outro, que contém 1.490, fundado no sistema de Newcomb, utiliza-se por quasi tôda a parte, em obediência às indicações do Congresso Geral das estrêlas fundamentais.

Da comparação que tive ocasião de fazer entre êsses dois catálogos resulta que ambos apresentam diferenças sistemáticas de alguns centésimos de segundo de tempo, parecendo, porém, que B. J. se fundamenta em uma determinação mais perfeita e rigorosa do ponto equinoxial.

Finalmente, ao tratar dêste assunto, não pode deixar de fazer-se referênciã ao catálogo fundamental de Boss, baseado no sistema de Newcomb, e que constitui uma tentativa de amplificação do número das fundamentais, como o seu nome de *Preliminary General Catalog* indica. Contém as posições, grandezas

e movimentos próprios de 6.188 estrêlas, e representa o maior esforço para espalhar pontos de referência, rigorosamente determinados, por tôdas as regiões do Céu.

15) A fotografia, finalmente, modificou os processos ampliando o alcance da visão, e hoje a catalogação das estrêlas de referenciação, e mesmo de precisão relativa, acha-se inteiramente no domínio dos processos fotográficos.

A primeira tentativa feita para empregar, de uma forma metódica, a fotografia à catalogação das estrêlas, deve-se a David Gill, do Observatório do Cabo, que, de acôrdo com Kapeteyn, sábio dinamarquês, iniciou, em 1887, os trabalhos dos quais resultou o *Cape Photographic Durchmusterung*, que fornece as posições aproximadas, bem como as grandezas fotográficas, de tôdas as estrêlas até à décima grandeza, e ainda muitas de grandeza inferior, a Sul do paralelo 22°.

A fotografia principiou, desde então, a entrar nos trabalhos correntes e o estudo das estrêlas por êsse processo tomou, desde aquela data, incremento progressivo, principalmente depois que o Almirante Mouchez, então director do Observatório de Paris, propôs a revisão metódica e completa do Céu, penetrando fotograficamente no espaço até aos astros de 14.^a grandeza. Daqui resultou um notável traba-

lho internacional, actualmente em via de conclusão, e no qual colaboram dezoito dos melhores observatórios distribuídos por todo o Globo, esperando-se que a carta fotográfica do Céu acuse as impressões de cêrca de trinta e dois milhões de estrêlas.

Para lamentar é que o catálogo, extraído das respectivas chapas, forneça as posições em coordenadas rectilíneas relativamente às fundamentais que a chapa contém, em vez de fornecer as equatoriais que, correntemente, se usam nos cálculos.

Hoje a técnica fotográfica está de tal forma desenvolvida que observatórios há, especialmente o de Harvard College, que fotografam todo o Céu, uma vez cada ano, pelo menos, chegando a medir-se posições relativas nas chapas com rigor comparável ao das medições visuais.

16) A necessidade de conhecer as posições de astros movendo-se êntre as fixas, como sejam planetas ou cometas, pelas suas distâncias relativas a essas fixas, obriga muitas vezes à consulta de numerosíssimos catálogos.

A determinação de movimentos próprios exige, ainda mais forçosamente, a comparação de posições observadas e catalogadas em épocas diferentes. E um dos mais fastidiosos trabalhos do calculador consiste no encontro e escolha dêsses catálogos, em face da vasta

coleção que se acha publicada. Nessa coleção acham-se também três contribuições do nosso Observatório da Tapada. Uma, resultante dos trabalhos do eminente astrónomo Campos Rodrigues, publicada no vol. 159.º das *Astronomischen Nachrichten*, e que mereceu as mais elogiosas referências nos meios astronómicos, e em especial de Boss, autor do P. G. C.

Outra, respeitante às estrêlas de comparação para Eros, publicada em 1904 na circular n.º 11 do Observatório de Paris e devida às observações de Campos Rodrigues, F. Oom e T. Bastos, recebeu a qualificação de melhor entre as melhores. Finalmente a terceira, procedente das próprias observações do conferente, refere-se às posições em A. R. de cêrca de 2.000 estrêlas, publicada, na parte das fundamentais, no vol. 4.º da *Revista da Sociedad Astronomica de España y America* de 1914, e em via de publicação no boletim do Observatório Astronómico de Lisboa.

Quem considerar qualquer dos catálogos publicados, notará uma enorme variedade nas datas dos equinócios a que as posições das estrêlas se referem, o que representa, para o calculador, um excesso de trabalho, que só pode avaliar quem se vê obrigado a manuseá-los. Este inconveniente evitar-se-ia, pelo menos parcialmente, convencionando datas

especiais, como anos seculares, por exemplo, para origem de referenciações.

17) Até aqui tenho tratado apenas da catalogação das fixas na parte que se refere às posições das estrêlas. Sôbre grandezas estelares, porém, nada acrescentei ao que ficou dito na primeira lição. Ora, como então deixei entrever, quanto à representação numérica do brilho aparente dos astros por meio de grandezas, à variação destas em progressão aritmética de razão 1 corresponde a variação daquele brilho em progressão geométrica inversa com razão 2,5. Brilho aparente e grandeza aparente acham-se assim relacionados por uma função logarítmica, de tal sorte que a uma diferença de brilho representada por 100 corresponde uma variação na grandeza, em sentido contrário, representada por 5.

Até fins do século passado as grandezas estelares só eram avaliadas à simples vista. Metodizava-se então a comparação entre as estrêlas, convencionando certas para servirem de padrão, e certa seqüência reguladora da uniformidade.

São notáveis: o processo das séries de Hershell e o processo dos grados de Argelander.

Não vou, evidentemente, descrever nenhum dêles, o que me levaria muito longe, tanto mais que, hoje, são sem valor, e apenas acres-

centarei que ambos se baseavam em considerações quasi intuitivas, mas cujo rigor muito deixava a desejar, sendo frequentissimos erros alcançando uma grandeza inteira, e mais ainda. A sua applicação desenvolveu-se, porém, com o fim de proceder ao estudo das estrêlas variáveis, sem que então se fizesse ainda uma ideia da influênciã que êsse estudo havia de trazer ao progresso do conhecimento da constituição e dimensões do Universo que nos rodeia. E quando eu próprio, já lá vão bons trinta anos, trabalhava nesse ramo da Astronomia, a convite do sábio W. Pickering, Director do Observatório de Harvard Gollege, frequentemente me perguntava a mim próprio que diabo de progresso poderia êsse estudo trazer à ciência astronómica.

Só últimamente se obteve a resposta, na amplificação dos processos de medir as distâncias que nos separam dos longínquos astros que as mais potentes objectivas, tanto visuais como fotogrâficas, permitem descobrir.

18) Desde o comêço do presente século, ou pouco antes, à apreciação das grandezas à simples vista substituiu-se a medição correctã e rigorosa, cientificamente feita, com instrumentos e métodos apropriados, tendo-se notabilizado nesse estudo os observatórios de Harvard, Potsdam, Greenwich, etc., onde as medições atingem a precisão de centésimos

de grandeza, e da qual derivaram os progressos a que sumariamente fiz referência.

Devo dizer ainda que, às grandezas determinadas por processos visuais, que até aqui tenho considerado, há a acrescentar as grandezas fotográficas, que diferem notavelmente das primeiras, por vezes duas e mais grandezas, em consequência da desigual impressão sobre a vista e sobre a chapa, de radiações que se estendem, com maior ou menor amplitude, por tôdas as regiões do espectro.

A escala das grandezas, que a vista desarmada alcança até à 6.^a, vai encontrar, por êste processo, na 21.^a, a correspondente ao brilho aparente mínimo que os mais perfeitos instrumentos podem atingir, isto é, um milhão de vezes menor do que o brilho daquela 6.^a grandeza, usualmente tomada para unidade, e que já é, por sua vez, 250 vezes menos brilhante do que uma estrela de primeira grandeza.

19) Evidentemente, em tôdas estas referências se alude às grandezas aparentes e não às reais ou absolutas. A avaliação destas últimas só pode fazer-se mediante o conhecimento da paralaxe anua das estrelas. Ora esta paralaxe que, ainda há bem poucos anos, constituía um dos problemas mais irritantes da Astronomia, dependente exclusivamente da determinação de posições exactas, acha-se hoje resolvido para a quási totalidade das estrelas, quer pelo

método clássico da triangulação; quer por processos estatísticos, uns dependentes do conhecimento dos movimentos próprios, outros das variabilidades de brilho, e outros ainda da posição das riscas que listram transversalmente os espectros estelares.

Das grandezas reais que, com o conhecimento da paralaxe, se obtêm por uma simples proporção, se verifica que, entre tôdas as gradações de grandeza aparente da 1.^a à 21.^a, se encontram astros das mais diversas dimensões e do mais diverso brilho intrínseco, caracterizados pela maior ou menor temperatura e densidade da matéria que os compõe, não podendo a massa de cada um exceder cêrca de oito vezes a massa do nosso Sol.

Daqui se conclui, entre tôdas as estrêlas qualquer que seja a grandeza aparente, a sua classificação em *Sóis* infra-anões, anões, médios, gigantes e ultra-gigantes, em correspondência com os volumes reais que ocupam, classificação esta que, a-pesar-de tôsca, constitui, como V. Ex.^{as} sabem, a base das modernas cosmogonias.

10) A catalogação das fixas pode ainda apresentar-se sob muitos outros aspectos.

Assim há os catálogos das estrêlas còradas e os das variáveis. Os dos movimentos próprios. Os catálogos dos espectros estelares e os das velocidades radiais. Os catálogos das

paralaxes, das massas, das densidades, etc., sem mesmo entrar em consideração com os que respeitam a nebulosas e a amás estelares. Nas indicações, porém, que ainda quero apresentar na presente lição, não saírei das que se ligam intimamente com a catalogação clássica referente a posições e grandezas.

21) A catalogação das estrêlas não se fêz apenas com o intuito de ampliar o número de astros catalogados, ou de aumentar o volume dos registros das observações.

A catalogação principiando, como vimos, com o fim de atender às necessidades materiais do indivíduo, ou aos preconceitos da comunidade, ampliou o seu objectivo com o desenvolvimento que alcançou, pretendendo, na actualidade, nada menos do que penetrar nas profundezas do espaço, por forma a descortinar, na constituição geral do Universo que nos rodeia, um elemento para levar para além da subjectividade a resolução de um dos maiores problemas que affigem a humanidade.

Ora, até ao presente, tenho considerado as estrêlas individualmente, cada uma delas representada pelas respectivas coordenadas e pela grandeza que lhe define o brilho. Vou agora encará-las, muito sumariamente, no seu conjunto, expondo considerações que entram nos domínios da estatística, mas apenas no capítulo restrito a que me limitei e com o fim

de deduzir alguns dos detalhes estruturais que presidem à distribuição das estrêlas.

22) De uma maneira geral, pode dizer-se que as estrêlas mais brilhantes são também as mais próximas. Uma semelhante afirmação parecerá axiomática mas, individualmente, está muito longe de representar a verdade. A sua confirmação só poderia obter-se considerando as estrêlas no seu conjunto e applicando a êsse conjunto a Lei dos grandes números, sem contudo perder de vista que as conclusões se apoiam em uma extrapolação com que o espirito, e o cálculo, tem de contentar-se, à falta de base mais sólida.

A catalogação clássica de referência das fixas, pode elucidar-nos sôbre três dos pontos fundamentais em que se apoia o conhecimento da constituição do Universo visível:

- 1) — Sôbre o número de estrêlas.
- 2) — Sôbre a sua distribuição no espaço.
- 3) — Sôbre a forma como essa distribuição se apresenta.

23) *Número de estrêlas.* — Até uma certa altura a contagem do número de estrêlas visíveis pode fazer-se directamente por ordem de grandezas. Esse processo directo tem sido empregado até à 10.^a grandeza, e mesmo até à 12.^a A partir, porém, dêste limite, o número das estrêlas vai aumentando por forma tal que torna absolutamente impossível a contagem

directa. Limitam-se então no céu umas certas áreas, convenientemente escolhidas e distribuídas, e contam-se as estrêlas que nelas se contêm. Por um processo, muito corrente em estatística, chega-se a fazer uma avaliação quasi perfeita do número das estrêlas perceptíveis visualmente até à 18.^a grandeza e fotograficamente até à 21.^a Esse número, aumentando geomêtricamente de grandeza para grandeza, com razão sucessivamente decrescente, principia por dezanove para as estrêlas de 1.^a grandeza, chegando até cêrca de mil milhões para o conjunto de tôdas até à 21.^a, grandeza esta que limita, como disse, o brilho estrelar perceptível aos mais poderosos meios de pesquisa actualmente existentes.

24) *Distribuição das estrêlas pelo Espaço.* — Estas estrêlas não se acham, porém, igualmente distribuídas pelo espaço. A sua densidade, tanto aparente como real, é variável de ponto para ponto e essa variação manifesta-se, não só abraçando-as no seu conjunto, mas ainda quanto às diversas grandezas consideradas separadamente. E é justamente esta circunstância que nos deixa entrever a solução do problema de saber se o Universo estrelar que nos rodeia é limitado ou se, pelo contrário, se lhe pode prever fronteiras na forma como as estrêlas se distribuem.

Se estas estrêlas se achassem regularmente

distribuídas pelo espaço, o seu número, limitado por grandezas sucessivamente crescentes, seguiria como os termos de uma progressão geométrica cuja razão fôsse 4. Ora, comparando as contagens vê-se que esta razão vai, pelo contrário, diminuindo constantemente ao passo que a grandeza aumenta, isto é, ao passo que o brilho diminui, por forma que, sendo de 3,33 para as estrêlas de 2.^a grandeza, é apenas de 1,76 para as de 21.^a Extrapolando os números verificados, chega-se à conclusão de que o nosso Universo estrelar se limitaria com as estrêlas de 60.^a grandeza e conteria, no total, aproximadamente trinta mil milhões de estrêlas.

25) *A forma da distribuição.* — A tendência da concentração das estrêlas para o plano da Via Láctea é evidente. Para fazer, porém, uma ideia da forma como essa concentração se apresenta, não menos evidente é a necessidade de recorrer a processos estatísticos, estudando a concentração aparente por grandezas, tendo sempre em vista que, no conjunto, as mais brilhantes devem ser as mais próximas.

O plano mediano da Via Láctea, ou plano galático, que corta o céu segundo um círculo máximo, acha-se orientado por forma que o seu polo norte se dirige para o ponto cujas coordenadas equatoriais são 12^h e 20^m de Ascensão Recta por 28° de Declinação, indo pro-

jectar-se sobre o pequeno asterismo que caracteriza a constelação de «Coma Berenice», e ao qual corresponde, do lado do Sul, uma região viúva de estrelas, existente na constelação de «Cetus».

Fazendo o estudo estatístico da concentração, pela relação entre as densidades estelares no plano e nas regiões polares galácticas, concluiu-se que os números representativos dessa relação vão aumentando sucessiva e metódicamente com a seqüência das grandezas, por forma que, sendo representado por 3 para as estrelas de 4.^a grandeza, atinge 44 para as de 21.^a, deduzindo-se, por extrapolação, o máximo de 100 para as da 30.^a grandeza. Esta seqüência sugere, para a forma real da concentração galáctica, uma espécie de elipsóide de revolução achatado nos polos, como se todo o conjunto se achasse animado de um rápido movimento de rotação em tórno do eixo menor. A estas noções conviria ainda acrescentar uma leve indicação sobre a grandeza desta espécie de organismo, cuja concebida limitação faz pressupor a existência. Calcula-se, por medições várias, acompanhadas da necessária extrapolação, que essa grandeza é tal que a luz, com a sua velocidade de 300.000 quilómetros por segundo, não gastará menos de 200 mil anos para atravessar de extremo a extremo. De

resto, outras galaxias, que conhecemos espalhadas pelo espaço, como sejam as nebulosas em espiral, distantes de milhões de anos, apresentam dimensões comparáveis a esta que imediatamente nos envolve.

26) Á forma de catalogação das fixas, primeiramente por constelações, depois por coordenadas eclípticas e, finalmente, por coordenadas equatoriais, vem juntar-se agora uma outra, mais adequada ao estudo da distribuição das estrêlas, e que vem a ser a catalogação por coordenadas galáticas.

Resumindo:

1 — A catalogação por constelações ainda hoje se usa, mas limitada às estrêlas de 6.^a grandeza, sendo indispensável, não só como referência, mas ainda como auxiliar no estudo das estrêlas cadentes e localização dos seus radiantes.

2 — A catalogação por coordenadas galáticas, cujo fim acabamos de ver, não é mais do que uma catalogação aproximada, sem necessidades de grande rigor.

3 — As coordenadas eclípticas não se usam hoje em catalogação, empregando-se, quasi exclusivamente, com o fim de simplificar os cálculos, permitindo uma mais fácil concretização dos resultados em tudo quanto se relaciona com o plano da eclíptica.

4 — Finalmente, a catalogação pelas coor-

denadas equatoriais, quer aproximadas, quer rigorosas, constitui o verdadeiro sistema natural, pela comodidade da sua medição e pela facilidade de referenciação, deduzindo-se dela tôdas as outras pelo cálculo elementar da transformação de coordenadas.

27) É das coordenadas equatoriais de precisão, quer fotográficas quer visuais, que se deduzem os movimentos dos astros no espaço, e em especial os movimentos próprios, cuja introdução no estudo estatístico das estrêlas permitiu um notável avanço no conhecimento da constituição do Universo.

Foi, com efeito, dêsse estudo, cuja base consiste em considerar nula a resultante de todos os movimentos próprios individuais observados, que se deduziu o resíduo que, com grande soma de probabilidades, pertence ao movimento próprio do nosso Sol. Isto é, ao movimento que nos arrasta, e a todo o sistema solar, na direcção do seu *Apex*, situado na constelação de Hércules, próximo da Lira, por 18^h de A. R. e 35° de Declinação N., com a velocidade de cêrca de vinte quilómetros por segundo.

28) Afastado êste resíduo, cuja grandeza aparente se revela por forma diversa consoante a distância e a posição da estrêla que se considera, oferece-se-nos um outro resíduo, cujo estudo levou, por sua vez, há alguns anos

a esta parte, à conclusão importante e, até certo ponto, inesperada, de que as estrêlas se movem de preferênciã em duas direcções contrárias no plano da Galaxia e, por forma tal, que se penetram, passando umas pelas outras, como se duas correntes opostas se entrecocassem mutuamente em uma espécie de colisão cujas conseqüências escapam à observação, em virtude das enormíssimas distâncias que separam as estrêlas umas das outras.

Qualquer que seja a causa desta tendência, o que é facto é que ela existe, manifestamente representada, dirigindo-se a primeira, a corrente n.º 1, para o ponto cujas coordenadas são 6^h de A. R. por 12° de Decl. N, e a corrente n.º 2 para o ponto oposto, isto é, 18^h de A. R. e 12° de Decl. S., movendo-se as duas correntes, uma relativamente à outra, com a velocidade de quarenta quilómetros por segundo.

Entrando em consideração com o movimento do Sol, aqueles pontos de fuga das correntes e estas velocidades próprias modificam-se, parecendo a corrente da 1 dirigir-se para 6^h de A. R. e 15° de D. S., com a velocidade de 34 quilómetros por segundo e a da 2 para 19^h de A. R. e 64° de D. S., com a velocidade de 19 quilómetros por segundo.

29) Extraídos todos os resíduos resultantes dos três movimentos que venho de expor,

parece ainda apresentar-se um quarto, representado por uma terceira corrente, que se convencionou indicar por n.º o, e da qual pretende tirar-se uma prova da rotação do sistema galáctico; mas as pesquisas, achando-se restritas a uma região tão limitada ao redor do Sol, e estendendo-se por um espaço que não ocupará, talvez, a milésima parte da extensão galáctica, afigura-se prematura a extrapolação fundamentada em material tão escasso.

3o) Em tudo quanto tenho dito até aqui procurei não sair das considerações a que pode conduzir a catalogação clássica das fixas.

Muito mais longe alcançariam as conclusões, e muito mais nos aproximaríamos da ideia geral da architectura do Universo, se a essas considerações juntássemos outras deduzidas do conhecimento das paralaxes e das conquistas da análise espectral. Veríamos então como a astrofísica, aliada à variabilidade estelar e à dedução das grandezas absolutas, permite catalogar as estrelas, não só pelas suas distâncias, mas ainda pela sua constituição e pela sua idade. Veríamos que os movimentos próprios individuais apresentam uma tendência para acelerar com a idade e que, assim, das duas correntes, 1 e 2, a primeira parece composta de indivíduos mais velhos, deduzindo-se que o movimento mais rápido que a alma se apresenta como se os

astros viessem a cair de mais longe, atraídos para qualquer centro de atracção e sujeitos, durante mais tempo, aos efeitos de alguma espécie de aceleração mais ou menos variável.

31) Muito interessante seria, sem dúvida, prescrutar o espaço ainda para além da nossa galaxia, e entrar em consideração com outras espécies de sistemas galácticos, que os grandes óculos e, sobretudo, a fotografia, permitem distinguir a distâncias que a luz gastaria um milhão de anos a percorrer; ou elevar o espírito à consideração da nossa supergalaxia, ou agrupamento de galaxias próximas da nossa, possivelmente formando com ela um sistema superior, agrupando as Nuvens de Magalhães, a Nebulosa de Andromeda, e ainda algumas das numerosíssimas nebulosas que se distribuem, às dezenas, por diversos pontos do céu. Ou, subindo mais ainda na escala das grandezas, ponderar a existência de outras supergalaxias que a observação nos mostra, estendendo-se a distâncias de algumas dezenas de milhões de anos de luz, e que se nos revelam sob a forma de uma espécie de pequenas manchas leitosas, agrupadas sob aspectos diversos, apresentando diâmetros correspondentes a milhares de anos de luz, e que a fotografia vai revelando ao passo que os progressos da óptica vão ampliando o poder prescrutador dos instrumentos.

32) Continuando a progressão, poderia supor-se que entraríamos no domínio da fantasia e da asserção sem fundamento, se não fôsse ainda encontrar-se, dentro do admissível e do apreciável, a concepção da Métagalaxia, complemento presente das nossas considerações, e cujo estudo de conjunto, pela observação fotográfica, progride nos observatórios da América e, sobretudo em Harward e em Mont-Wilson; mas que espera ainda cêrca de uma dezena de anos de contagens, confrontos e deduições para revelar os aspetos da sua constituição íntima.

E é esta a mais larga formação que nos é dado abarcar directamente, constituída pelo conjunto de tôdas as supergalaxias apreciáveis, e onde as distâncias se contam por centenas de milhões de anos de luz.

33) Por sua vez, a Métagalaxia poderia conceber-se como a unidade elementar na constituição geral do Universo, finito ou infinito, conforme as teorias que, em uma síntese geral de conjunto, procuram, ou procurarão, amoldá-la ao entendimento. Aqui, porém, é que entramos em considerações que, em face dos actuais conhecimentos, já principiam a andar pelos corredores da Metafisica e que saem, não só do quadro que me propuz, mas ainda da penetração do expositor que se permite, todavia, apontar a grandiosidade do problema.

A indicação destas formas monstruosas, apresentada aqui ao terminar esta lição, apenas obedece ao intuito de formular uma espécie de índice de matérias capaz de escorvar a curiosidade e ampliar o desejo de conhecer os métodos, prescrutar os detalhes e desenvolver os conhecimentos.

Finalmente, tôda esta minha exposição tem também como objectivo não se imaginar que o que nós hoje conhecemos ou concebemos dos mistérios da Natureza e do Universo sideral, se deixou desvendar à primeira arremetida, embora se não devam ainda encarar as deduções finais como verdades definitivamente demonstradas.

Mas, assim como de cada uma das passadas orientações do espírito sempre foi sobrevivendo algum elemento de perfeição para a conquista da verdade, esperemos que a actual representação do Universo também engaste alguma pedra no alicerce do edificio onde, mais cedo ou mais tarde, há-de vir a pontificar a ciência do futuro.

Disse.





RÓ
MU
LO



1329652036

CENTRO CIÊNCIA VIVA
UNIVERSIDADE COIMBRA

